international KAYSERI

scientific research and innovation congress

MAY 30-31, 2026 | KAYSERİ, TÜRKİYE

PROCEEDINGS BOOK

EDITOR
Dr. Fatma Gül SAKLAVÇI

ISARC

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

INTERNATIONAL KAYSERI SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

May 30-31, 2026 / Kayseri, Türkiye

PROCEEDINGS BOOK

EDITOR

Dr. Fatma Gül SAKLAVÇI

by

IKSAD PUBLISHING HOUSE®

All rights of this book belong IKSAD Publishing House
Authors are responsible both ethically and juridically
IKSAD Publications – 2026©

Issued: 20.06.2026

ISBN: 978-625-378-665-6

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE
INTERNATIONAL KAYSERI SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

DATE and PLACE
May 30-31, 2026 / Kayseri, Türkiye

ORGANIZATION
ISARC Academy, Türkiye

CONGRESS PRESIDENT
Dr. Fatma Gül SAKLAVÇI

PARTICIPATION
Keynote & Invited

PARTICIPANTS COUNTRY
Türkiye, Albania, Algeria, Azerbaijan, Bulgaria, China, East Africa, Ecuador, Georgia, Guinea, Hungary, India, India, Indonesia, Iran, Jordan, Kosovo, Moldova, Morocco, Mexico, Nigeria, North Macedonia, Pakistan, Portugal, Romania, Serbia, Turkmenistan, USA, Ukraine, Vietnam

CONGRESS COORDINATOR

Umida MAVLYANOVA

ISARC Academy, Türkiye

NUMBER of ACCEPTED PAPERS-137 (Türkiye- 59, Other Countries- 78)

NUMBER of REJECTED PAPERS-25

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process

ORGANIZING COMMITTEE:

Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Islamic History and Arts, Division of Islamic History*

Assoc. Prof. Dr. Yasin İPEK, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Philosophy and Religious Studies*

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Bahaeddin YÜKSEL, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Basic Islamic Sciences, Division of Qur'anic Exegesis (Tafsir)*

Assoc. Prof. Dr. Ümit Harun AKKAYA, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Philosophy and Religious Studies*

Assoc. Prof. Dr. Fatih BALCI, *Kayseri University, Develi Faculty of Social and Human Sciences, Department of Turkish Language and Literature, Division of Turkish Folk Literature*

Asst. Prof. Dr. Ercihan ÜLGER, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Islamic History and Arts, Division of Turkish Religious Music*

Asst. Prof. Dr. Mustafa TURAL, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Philosophy and Religious Studies*

Asst. Prof. Dr. YAŞAR ATİLA, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Basic Islamic Sciences, Division of Qur'anic Exegesis (Tafsir)*

SCIENTIFIC AND ADVISORY BOARD:

Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Islamic History and Arts, Division of Islamic History*

Prof. Dr. Osman Kubilay GÜL, *Sivas Cumhuriyet University*

Prof. Dr. Osman ERKMEN, *Istanbul Okan University*

Prof. Dr. Sarash KONYRBAEVA, *Al-Farabi Kazakh National University*

Prof. Dr. Elvan YALÇINKAYA, *Erciyes University*

Assoc. Prof. Dr. Yasin İPEK, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Philosophy and Religious Studies*

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Bahaeddin YÜKSEL, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Basic Islamic Sciences, Division of Qur'anic Exegesis (Tafsir)*

Assoc. Prof. Dr. Ümit Harun AKKAYA, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Philosophy and Religious Studies*

Assoc. Prof. Dr. Fatih BALCI, *Kayseri University, Develi Faculty of Social and Human Sciences, Department of Turkish Language and Literature, Division of Turkish Folk Literature*

Assoc. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA, *Rasulbekov Kyrgyz Economic University*

Asst. Prof. Dr. Ercihan ÜLGER, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Islamic History and Arts, Division of Turkish Religious Music*

Asst. Prof. Dr. Mustafa TURAL, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Department of Philosophy and Religious Studies*

Asst. Prof. Dr. YAŞAR ATİLA, *Kayseri University, Develi Faculty of Theology, Basic Islamic Sciences, Division of Qur'anic Exegesis (Tafsir)*

Dr. Han Nadejda, *E.A. Buketov Karaganda State University*

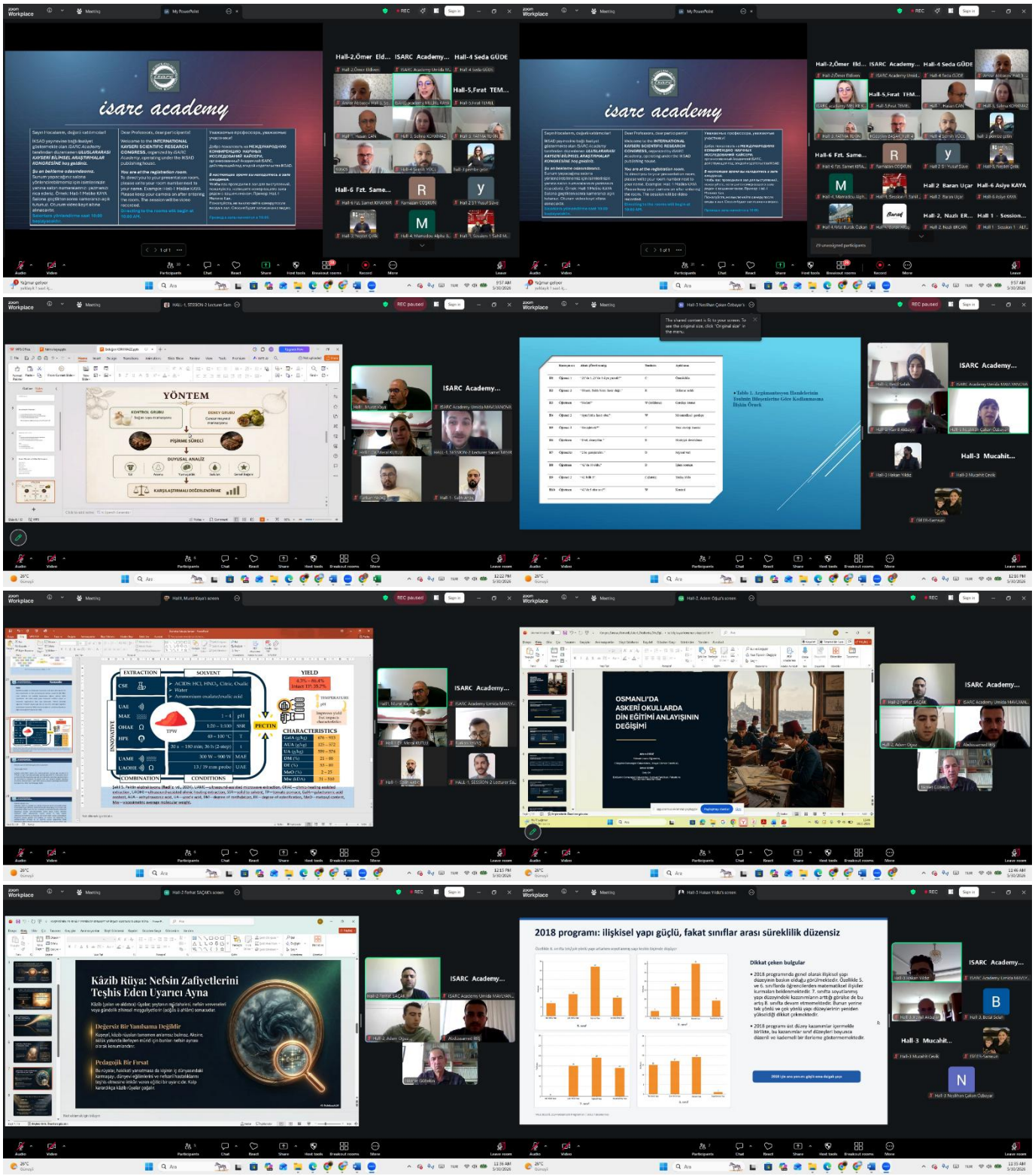
Dr. Zongxian FEN, *Xi'an Jiaotong University*

Dr. Serkan GÜN, *Siirt University*

Dr. Prachi V. Motiyani, *Gujarat University*

Dr. Damezhan SADYKOVA, *Kazakh State Women's Teacher Training University*

PHOTO GALLERY



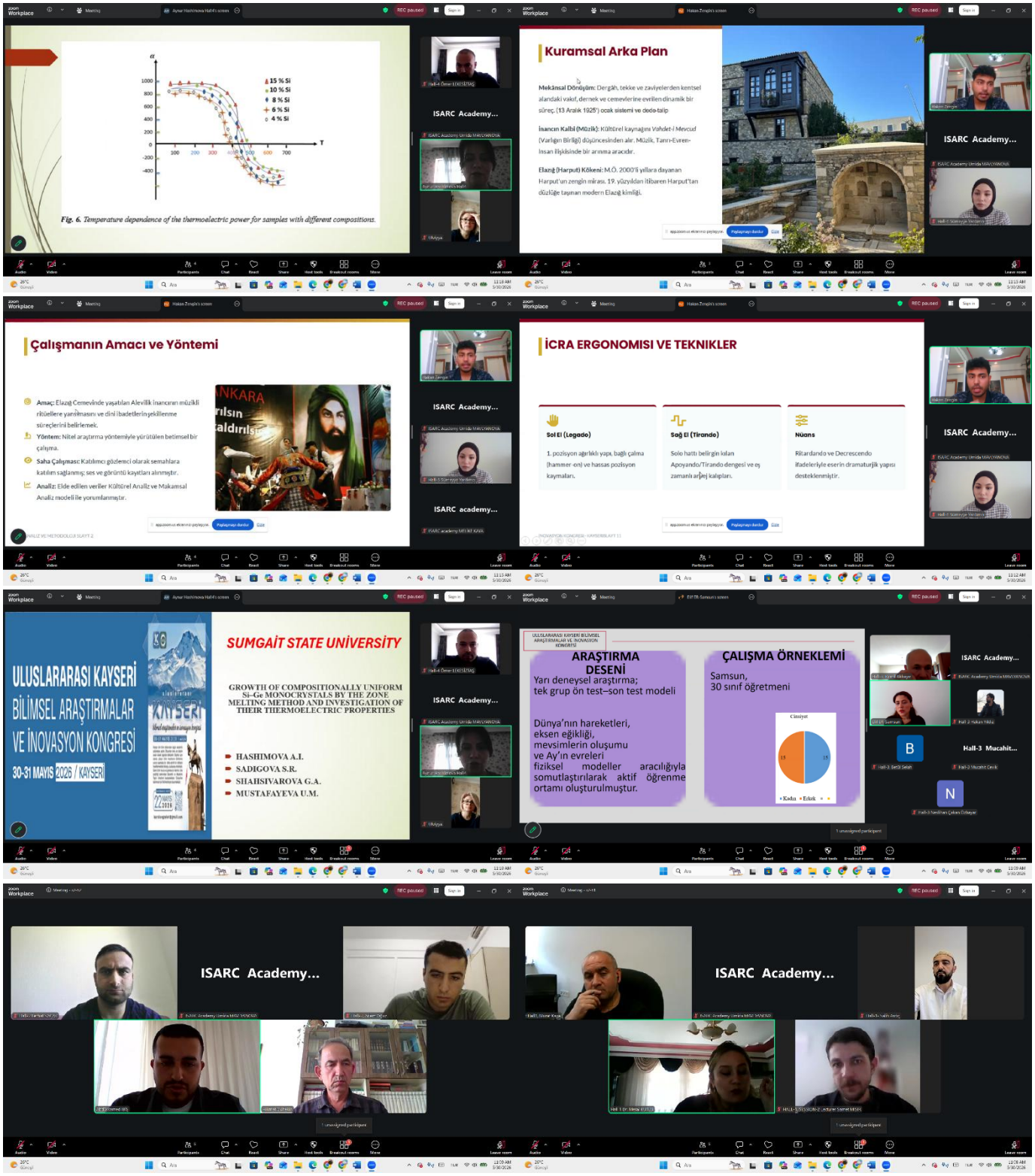
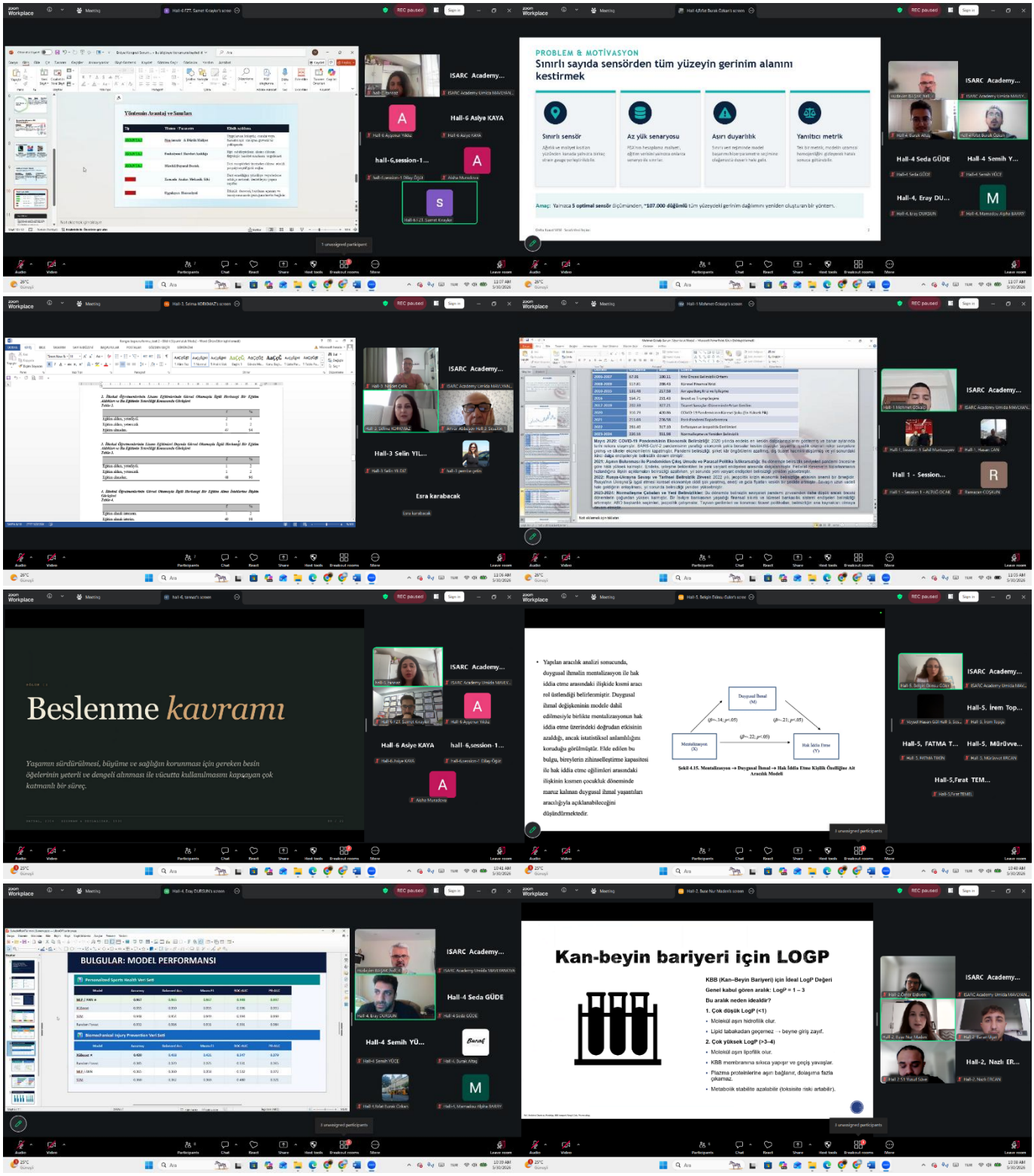
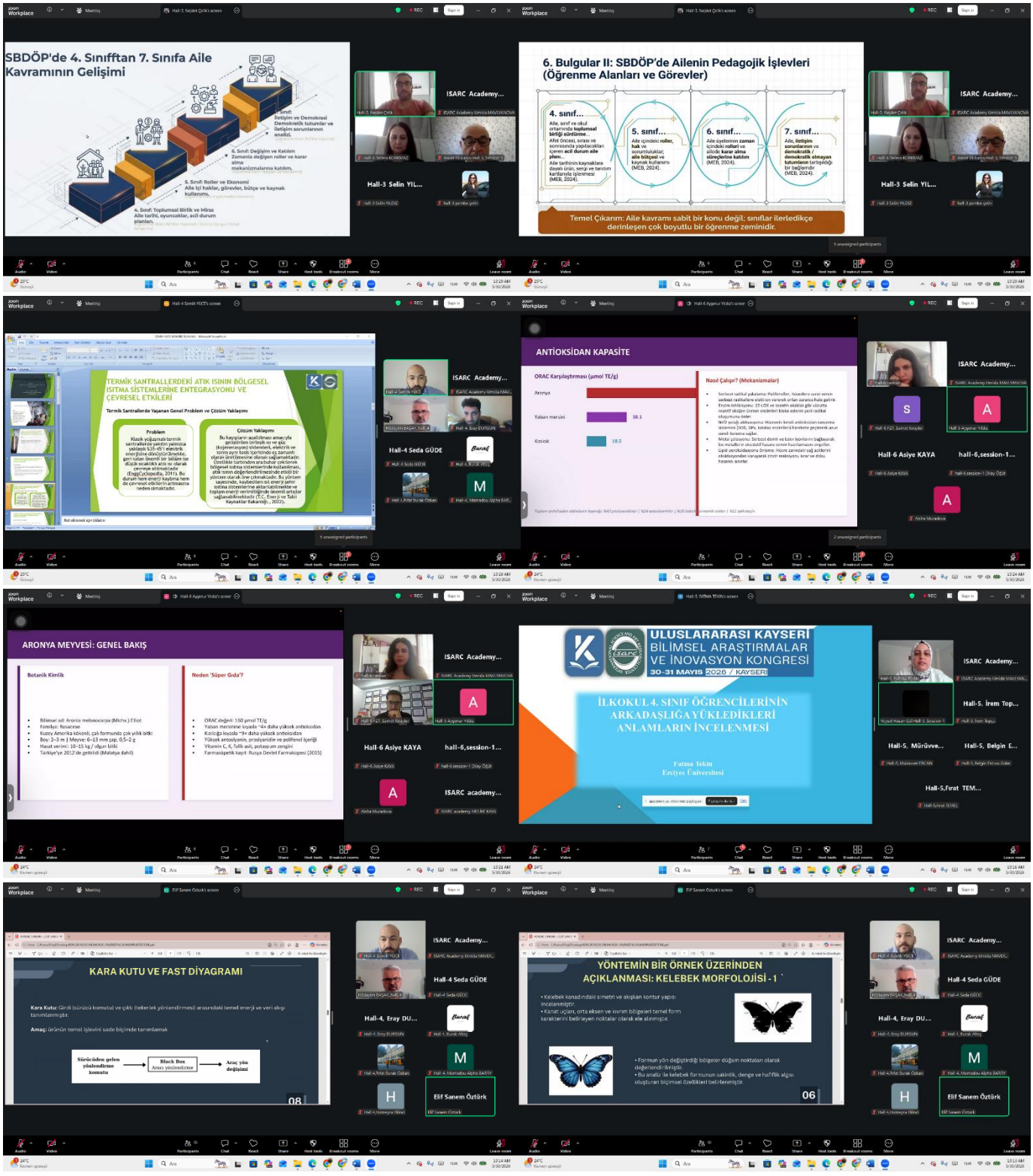
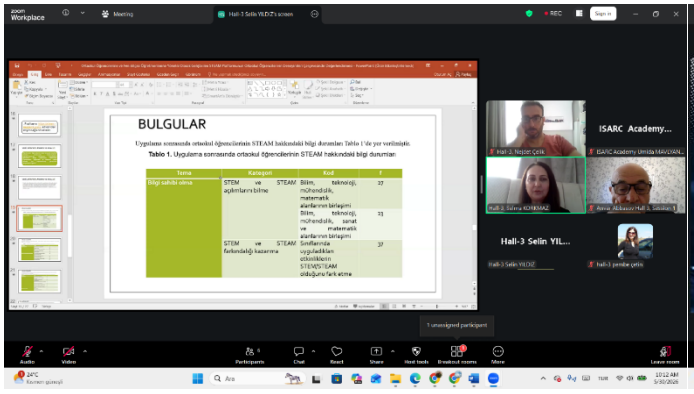
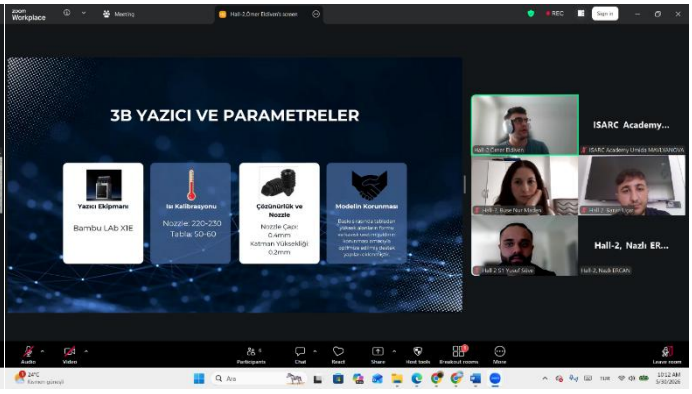


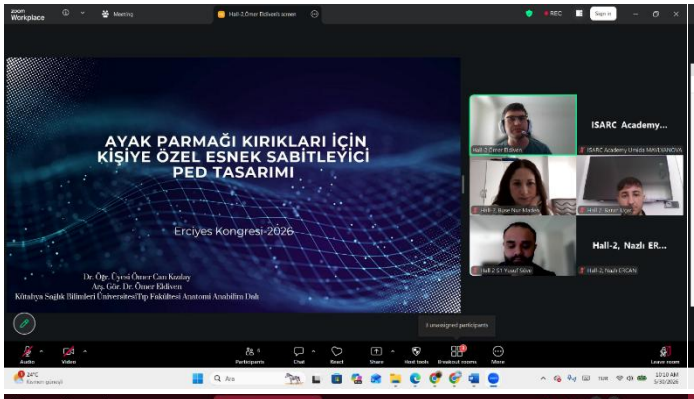
Fig. 6. Temperature dependence of the thermoelectric power for samples with different compositions.
15 % Si
10 % Si
8 % Si
6 % Si
4 % Si
Kuramsal Arka Plan
Mekânsal Dönüşüm:
İnancın Kalbi (Müzik):
Elazığ (Harput) Kökeni:
Çalışmanın Amacı ve Yöntemi
Amaç:
Yöntem:
Saha Çalışması:
Analiz:
İCRA ERGONOMISI VE TEKNIKLER
Sol El (Legado)
Sağ El (Tirando)
Nüans
ULUSLARARASI KAYSERİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ
30-31 MAYIS 2026 / KAYSERİ
SUMGAİT STATE UNİVERSİTY
GROWTH OF COMPOSITIONALLY UNIFORM Si–Ge MONOCRYSTALS BY THE ZONE MELTING METHOD AND INVESTIGATION OF THEIR THERMOELECTRIC PROPERTIES
HASHIMOVA A.I.
SADIGOVA S.R.
SHAHSIVAROVA G.A.
MUSTAFAYEVA U.M.
ARAŞTIRMA DESENİ
Yarı deneysel araştırma;
tek grup ön test–son test modeli
ÇALIŞMA ÖRNEKLEMİ
Samsun,
30 sınıf öğretmeni
Dünya'nın hareketleri,
eksen eğikliği,
mevsimlerin oluşumu
ve Ay'ın evreleri
fiziksel modeller aracılığıyla
somutlaştırılarak aktif öğrenme
ortamı oluşturulmuştur.
Cinsiyet
Kadın
Erkek
ISARC Academy...
Hall-3 Mucahit...


PROBLEM & MOTİVASYON
Sınırlı sayıda sensörden tüm yüzeyin gerinim alanını kestirmek
Sınırlı sensör
Az yük senaryosu
Aşırı duyarlılık
Yanıltıcı metrik
Beslenme kavramı
Yaşamın sürdürülmesi, büyüme ve sağlığın korunması için gereken besin öğelerinin yeterli ve dengeli alınması ile vücutta kullanılmasını kapsayan çok katmanlı bir süreç.
BULGULAR: MODEL PERFORMANSI
Kan-beyin bariyeri için LOGP
KBB (Kan–Beyin Bariyeri) için İdeal LogP Değeri
Genel kabul gören aralık: LogP = 1 – 3
Bu aralık neden idealdir?
1. Çok düşük LogP (<1)
2. Çok yüksek LogP (>3–4)

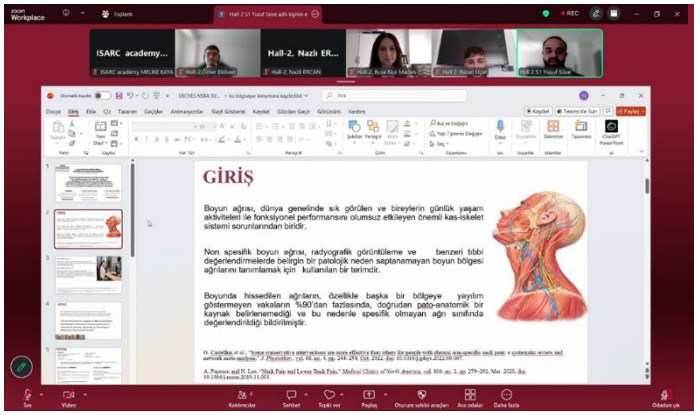

SBDÖP'de 4. Sınıftan 7. Sınıfa Aile Kavramının Gelişimi
6. Bulgular II: SBDÖP'de Ailenin Pedagojik İşlevleri (Öğrenme Alanları ve Görevler)
4. sınıf...
5. sınıf...
6. sınıf...
7. sınıf...
Temel Çıkarım: Aile kavramı sabit bir konu değil; sınıflar ilerledikçe derinleşen çok boyutlu bir öğrenme zeminidir.
TERMİK SANTRALLERDEKİ ATIK ISININ BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONU VE ÇEVRESEL ETKİLERİ
Termik Santrallerde Yaşanan Genel Problem ve Çözüm Yaklaşımı
Problem
Çözüm Yaklaşımı
ANTİOKSİDAN KAPASİTE
ORAC Karşılaştırması (µmol TE/g)
Nasıl Çalışır? (Mekanizmalar)
ARONYA MEYVESİ: GENEL BAKIŞ
Botanik Kimlik
Neden 'Süper Gıda'?
ULUSLARARASI KAYSERİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ
30-31 MAYIS 2026 / KAYSERİ
İLKOKUL 4. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN ARKADAŞLIĞA YÜKLEDİKLERİ ANLAMLARIN İNCELENMESİ
Fatma Tekin
Erciyes Üniversitesi
KARA KUTU VE FAST DİYAGRAMI
Kara Kutu:
Amaç:
Sürücüden gelen yönlendirme komutu
Black Box Aracı yönlendirme
Aracı yön değişimi
YÖNTEMİN BİR ÖRNEK ÜZERİNDEN AÇIKLANMASI: KELEBEK MORFOLOJİSİ -1
ISARC Academy...
Hall-3 Selin YIL...
Hall-4 Seda GÜDE
Hall-6 Asiye KAYA
hall-6,session-1...
ISARC academy...
Hall-5, İrem Top...
Hall-5, Mürüvve...
Hall-5, Belgin E...
Hall-5,Fırat TEM...
Hall-4, Eray DU...
Elif Sanem Öztürk

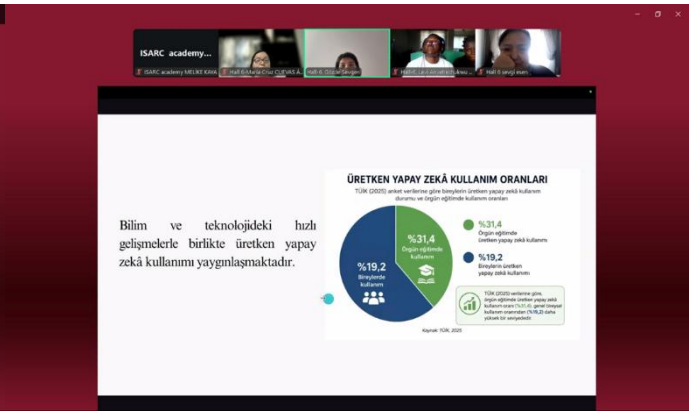

BULGULAR
ISARC Academy...
Hall-3 Selin YIL...

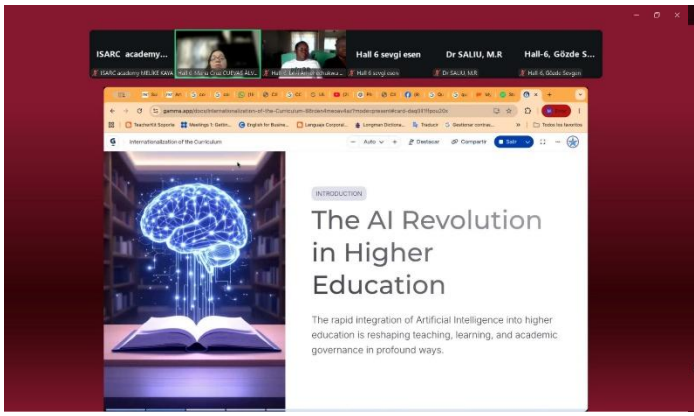

3B YAZICI VE PARAMETRELER
Yazıcı Ekipmanı
Bambu LAB X1E
Isı Kalibrasyonu
Nozzle: 220-230
Tabla: 50-60
Çözünürlük ve Nozzle
Modelin Korunması
ISARC Academy...
Hall-2, Nazlı ER...


AYAK PARMAĞI KIRIKLARI İÇİN
KİŞİYE ÖZEL ESNEK SABİTLEYİCİ
PED TASARIMI
Erciyes Kongresi-2026
ISARC Academy...
Hall-2, Nazlı ER...

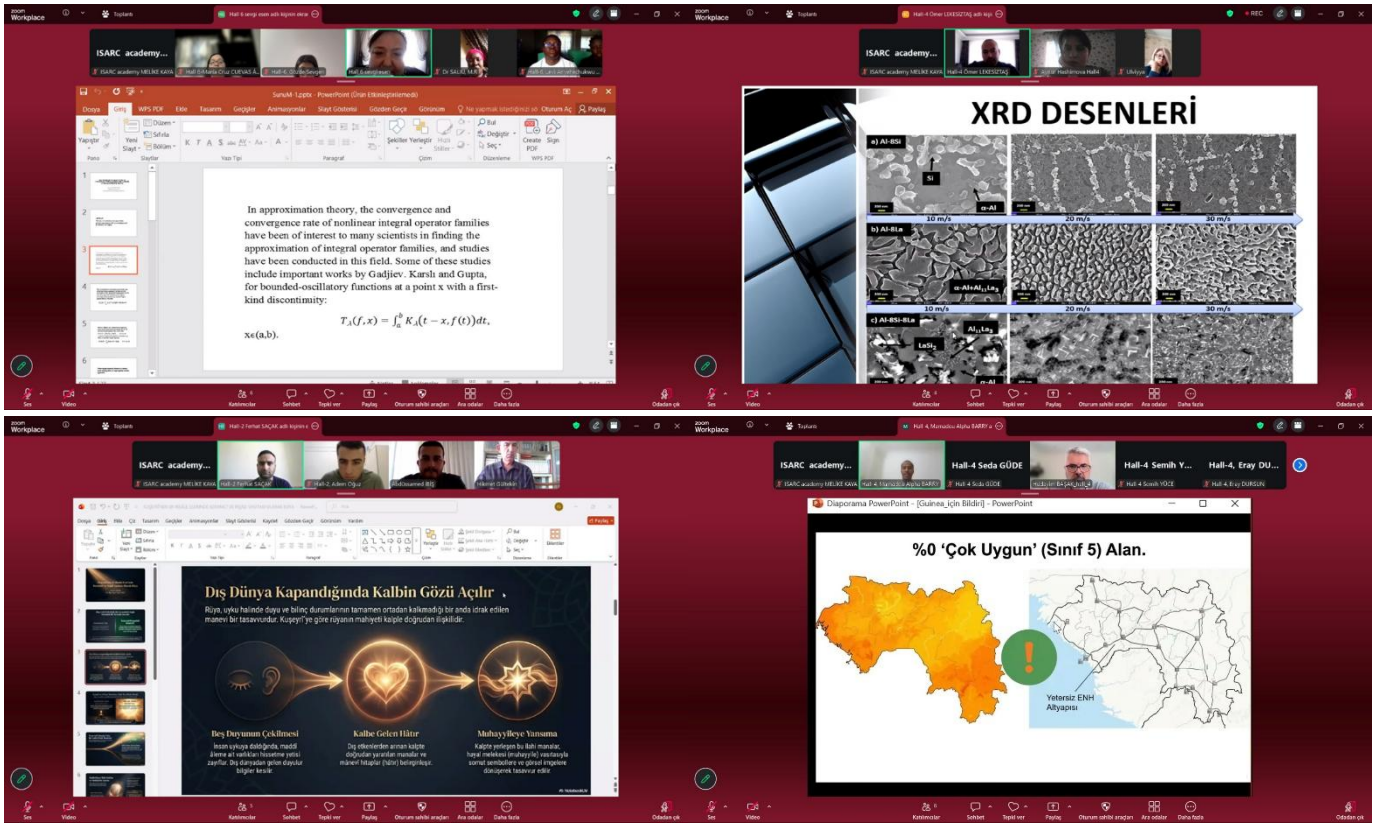
Elektronik Konşimentonun
Hukuki Niteliği ve İspat Gücü
Uluslararası Ticaret ve Deniz Hukuku Perspektifi
Öğr. Gör. Dr. Hasan Can
Yozgat Bozok Üniversitesi
ISARC Academy...
Hall-1 Mehmet...


ISARC academy...
GİRİŞ
Boyun ağrısı, dünya genelinde sık görülen ve bireylerin günlük yaşam aktiviteleri ile fonksiyonel performansını olumsuz etkileyen önemli kas-iskelet sistemi sorunlarından biridir.
Non spesifik boyun ağrısı, radyografik görüntüleme ve benzeri tıbbi değerlendirmelerde belirgin bir patolojik neden saptanamayan boyun bölgesi ağrılarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir.
Boyunda hissedilen ağrıların, özellikle başka bir bölgeye yayılım göstermeyen vakaların %90'dan fazlasında, doğrudan patoanatomik bir kaynak belirlenemediği ve bu nedenle spesifik olmayan ağrı sınıfında değerlendirildiği bildirilmiştir.


ISARC academy...
ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIM ORANLARI
Bilim ve teknolojideki hızlı gelişmelerle birlikte üretken yapay zekâ kullanımı yaygınlaşmaktadır.
%31,4
%19,2


ISARC academy...
Hall 6 sevgi esen
Dr SALIU, M.R
Hall-6, Gözde S...
INTRODUCTION
The AI Revolution in Higher Education
The rapid integration of Artificial Intelligence into higher education is reshaping teaching, learning, and academic governance in profound ways.

ISARC academy...
Hall 6 sevgi esen
Dr SALIU, M.R
Hall-6, Gözde S...
INTRODUCTION
•Campus Security In Nigerian Universities
Campus security remains a critical concern in Nigerian higher institutions, where students face persistent threats ranging from cult-related violence and theft to medical emergencies and fire outbreaks, yet the mechanisms for incident reporting and emergency coordination remain fragmented and largely informal.


ISARC academy...
In approximation theory, the convergence and convergence rate of nonlinear integral operator families have been of interest to many scientists in finding the approximation of integral operator families, and studies have been conducted in this field. Some of these studies include important works by Gadjiev. Karslı and Gupta, for bounded-oscillatory functions at a point x with a first-kind discontinuity:
$$T_\lambda(f,x) = \int_a^b K_\lambda(t-x, f(t))dt,$$
x∈(a,b).
XRD DESENLERİ
a) Al-BSi
b) Al-BLa
c) Al-BSi-BLa
10 m/s
20 m/s
30 m/s
Hall-4 Seda GÜDE
Hall-4 Semih Y...
Hall-4, Eray DU...
Diaporama PowerPoint - [Guinea_için Bildiri] - PowerPoint
%0 'Çok Uygun' (Sınıf 5) Alan.
Yetersiz ENH Altyapısı
Dış Dünya Kapandığında Kalbin Gözü Açılır
Rüya, uyku halinde duyu ve bilinç durumlarının tamamen ortadan kalkmadığı bir anda idrak edilen manevi bir tasavvurdur. Kuşeyri'ye göre rüyanın mahiyeti kalple doğrudan ilişkilidir.
Beş Duyunun Çekilmesi
Kalbe Gelen Hâtır
Muhayyileye Yansıma

Scientific Development and Innovative Approach

INTERNATIONAL KAYSERI SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

May 30-31, 2026 / Kayseri, Türkiye

Congress Program

Participant Countries: Türkiye, Albania, Algeria, Azerbaijan, Bulgaria, China, East Africa, Ecuador, Georgia, Guinea, Hungary, India, India, Indonesia, Iran, Jordan, Kosovo, Moldova, Morocco, Mexico, Nigeria, North Macedonia, Pakistan, Portugal, Romania, Serbia, Turkmenistan, USA, Ukraine, Vietnam

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

To be able to make a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID instead of "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session. The presentation will have **15 minutes** (including questions and answers). The Zoom application is free and no need to create an account. The Zoom application can be used without registration. The application works on tablets, phones and PCs. Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time. All congress participants can connect live and listen to all sessions. During the session, your camera should be turned on at least %70 of session period. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working. You should be able to use screen sharing feature in Zoom. Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session. **Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number, exp. Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır. Sunumlar için **15 dakika** (soru ve cevaplar dahil) süre ayrılmıştır. Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join** sitesi üzerinden giriş yaparak "Meeting ID or Personal Link Name" yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz. Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur. Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir. Uygulama tablet, telefon ve PC'lerde çalışıyor. Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden **10 dk öncesinde** oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir. Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun. Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz. Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir. Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır. **Zoom'a giriş yaparken önce lütfen adınızı, soyadınızı ve SALON numaranızı yazınız, Örnek: Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

MEETING ID: 850 5059 9884 / PASSCODE: 123456

https://us06web.zoom.us/j/85050599884?pwd=qiVMyVJvAGFpKIuLRlPnEIdbBs7KNf.1

30.05.2026 / Hall-1, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Altuğ OCAK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE LEGAL NATURE AND EVIDENTIARY VALUE OF ELECTRONIC BILLS OF LADING	Lect. Dr. Hasan Can	Yozgat Bozok University, Türkiye
THE LEGAL NATURE OF THE GUARANTEE IN BILLS OF EXCHANGE: A SUI GENERIS OBLIGATION TRANSCENDING THE DILEMMA OF INDEPENDENCE VERSUS ACCESSORY NATURE	Lect. Dr. Hasan Can	Yozgat Bozok University, Türkiye
RELATIONSHIP MARKETING IN EXPORT-ORIENTED SMES: FACTORS DRIVING LONG-TERM PARTNERSHIPS BETWEEN LATIN AMERICAN SUPPLIERS AND EUROPEAN BUYERS	Assoc. Prof. Altuğ OCAK	Istanbul Beykent University, Türkiye
AN ANALYSIS OF U.S.-CHINA FOREIGN TRADE AMID TRADE WAR AND ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY	Mehmet GÖKALP Prof. Dr. Tuncay ÇELİK	Kayseri University, Türkiye
AN EXAMINATION OF FAILURE DYNAMICS IN STARTUPS FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE	Ramazan COŞKUN	Mehmet Akif Ersoy University, Türkiye
MACROECONOMIC AND MACROPRUDENTIAL REGULATION IN PROTECTING SYSTEMICALLY IMPORTANT BANKS: THE AZERBAIJANI EXPERIENCE	Res. Assist. Sahil MURTUZAYEV	Azerbaijan State Economic University, Azerbaijan

30.05.2026 / Hall-2, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Nazlı ERCAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
DESIGN OF A PATIENT-SPECIFIC FLEXIBLE IMMOBILIZATION PAD FOR TOE FRACTURES	Assis. Prof. Dr. Ömer Can KIZILAY Res. Assis. Dr. Ömer ELDİVEN	Kütahya Health Sciences University, Türkiye
COMPARISON OF THE EFFECTS OF ONLINE-BASED TELEREHABILITATION AND EDUCATIONAL MATERIAL SUPPORTED EXERCISE APPLICATIONS ON PAIN, SLEEP QUALITY, KINESIOPHOBIA, AND QUALITY OF LIFE IN OFFICE WORKERS WITH NON-SPECIFIC NECK PAIN	Yusuf SÜVE Alis KOSTANOGLU GÖKHAN CAN TÖRPÜ	Bezmialem Vakıf University, Türkiye Haliç University, Türkiye
PERIPHERAL GIANT CELL GRANULOMA: A CASE REPORT	Res. Assist. Baran UÇAR Res. Assist. Ayşegül ÖNDEŞ Res. Assist. Anzel Toprak BİŞKİN Assist. Prof. Dr. Esin AKOL GÖRGÜN	Adıyaman University, Türkiye
INVESTIGATION OF THE ROLE OF OXIDATIVE STRESS IN PARKINSON'S DISEASE USING TRANSCRIPTOMIC ANALYSES AND IDENTIFICATION OF POTENTIAL INHIBITORS THROUGH COMPUTATIONAL DRUG DISCOVERY APPROACHES	Buse Nur MADEN Prof. Dr. Rabia ÇAKIR Assoc. Prof. Dr. Saliha Ece ACUNER	Yıldız Teknik University, Türkiye İstanbul Medeniyet University, Türkiye
IS YOUR CAT DIABETIC OR ACROMEGALIC? A BIOCHEMICAL DIAGNOSTIC APPROACH	Prof. Dr. Nazlı ERCAN	Sivas Cumhuriyet University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-3, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Selma KORKMAZ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
AN EVALUATION OF THE STEAM PLATFORM DEVELOPED FOR MIDDLE SCHOOL STUDENTS AND SCIENCE TEACHERS, BASED ON THE EXPERIENCES OF MIDDLE SCHOOL STUDENTS	Assist. Prof. Dr. Selin YILDIZ Prof. Dr. Gonca KEÇECİ	Fırat University, Türkiye
RECONSTRUCTING THE CONCEPT OF FAMILY: THE TURKEY CENTURY EDUCATION MODEL AND THE 2024 SOCIAL STUDIES CURRICULUM	Lect. Dr. Nejdet ÇELİK	İzmir Bakırçay University, Türkiye
WHAT DO WE THINK ABOUT THE CONTENT COMPONENT OF EDUCATION TODAY?	Anvar ABBASOV	Baku Slavic University, Education, Azerbaijan
EVALUATION OF TEACHERS' OPINIONS ON THE ANALYTICAL METHOD USED IN PRIMARY READING AND WRITING INSTRUCTION	Prof. Dr. Esra KARABACAK Assist. Prof. Dr. Selma KORKMAZ Pembe Eminsel ÇETİN	Near East University, TRNC TRNC Ministry of National Education, TRNC
EVALUATION OF VISUAL READING SKILLS OF ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS	Pembe Eminsel ÇETİN Assist. Prof. Dr. Selma KORKMAZ Prof. Dr. Esra KARABACAK	TRNC Ministry of National Education, TRNC Near East University, TRNC

30.05.2026 / Hall-4, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
BIOMIMETIC-BASED EMOTIONAL FUNCTIONAL DESIGN: ALTERNATIVE FORM APPROACHES FOR YOKE STEERING WHEEL DESIGN	Elif Sanem ÖZTÜRK Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK	Gazi University, Türkiye
DESIGN OF NEXT-GENERATION PASSIVE HEAT SINKS WITH BIOMIMETIC-INSPIRED LATTICE STRUCTURES	Hümeyra EKİNCİ Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK	Gazi University, Türkiye
INTEGRATION OF WASTE HEAT FROM THERMAL POWER PLANTS INTO DISTRICT HEATING SYSTEMS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS	Semih YÜCE Assoc. Prof. Dr. Abdulhakim KARAKAYA	Kocaeli University, Türkiye
MACHINE LEARNING-BASED APPROACHES FOR MODELING AND PREDICTION OF SPORTS INJURY RISK	Res. Assist. Eray DURSUN Assoc. Prof. Dr. Serdar SOLAK	Kocaeli University, Türkiye
3D DEEP LEARNING-BASED SPLEEN SEGMENTATION: A COMPARATIVE STUDY OF U-NET AND TRANSFORMER ARCHITECTURES	Seda GÜDE Prof. Dr. Eser SERT	Malatya Turgut Özal University, Türkiye
HYPERPARAMETER OPTIMIZATION- BASED STRUCTURAL FIELD RECONSTRUCTION FOR STRUCTURAL HEALTH MONITORING UNDER LIMITED DATA REGIME	Rıfat Burak ÖZKAN Burak ALTAŞ Prof. Dr. Murat UYAR Alimurtaza RUTCİ	Bursa Uludağ University, Türkiye
SOLAR ENERGY IN THE FIGHT AGAINST ENERGY POVERTY: A SPATIAL ROADMAP FOR GUINEA'S ELECTRICITY ACCESS GAP AND RENEWABLE ENERGY TRANSITION	Mamadou Alpha BARRY Cenk YAVUZ	Sakarya University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-5, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Veysel Hasan GÜL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
AN EXAMINATION OF THE MEANINGS ATTRIBUTED TO FRIENDSHIP BY FOURTH-GRADE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS	Fatma TEKİN Assoc. Prof. Dr. Asena Ayvaz CAN	Erciyes University, Türkiye
THE RELATIONSHIP BETWEEN NARCISSISTIC PERSONALITY TRAITS, EMPATHY, MENTALIZATION AND CHILDHOOD TRAUMATIC EXPERIENCES	Belgin Ekinsu GÜLER Assist. Prof. Dr. Hakan Duman	Gedik University, Türkiye
COMPARISON OF PARENTING STRESS, SOCIAL SUPPORT, AND LIFE SATISFACTION AMONG MOTHERS OF CHILDREN AGED 7–12 WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER AND ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER	İrem TOPÇU Assist. Prof. Dr. Hakan Duman	İstanbul Gedik University, Türkiye
THE MEDIATING ROLE OF HOUSEHOLD CHAOS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN FAMILY FUNCTIONING AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN UNIVERSITY STUDENTS	Veysel Hasan GÜL Assoc. Prof. Dr. Cemre ERTEN TATLI	Hasan Kalyoncu University, Türkiye
MOTIVATION, EXPERIENCE, AND SATISFACTION PERCEPTIONS OF UNIVERSITY STUDENTS WORKING PART-TIME WITHIN THE SCOPE OF THE İŞKUR YOUTH PROGRAM: A QUALITATIVE STUDY	Prof. Dr. Ebru AYKAN Mürüvvet ERCAN	Kayseri University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-6, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Fzt. Samet KIRAYKIR

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
EFFECTS OF ARONIA CONSUMPTION ON ANTIOXIDANT CAPACITY AND OXIDATIVE STRESS	Ayşenur YILDIZ Dilay ÖĞÜT Assist. Prof. Dr. Sevinç TAY	Malatya Turgut Ozal University, Türkiye
THE EFFECT OF LYCHEE FRUIT ON NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE	Assist. Prof. Dr. Sevinç TAY Asiye KAYA	Malatya Turgut Ozal University, Türkiye
A REVIEW ON THE EFFECTS OF MIGRATION ON NUTRITION	Tannaz BEHNOUD Assist. Prof. Dr. Fitnat Şule ŞAKAR	Haliç University, Türkiye
CLINICAL, FUNCTIONAL, AND COGNITIVE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE AND BREATHING TRAINING IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE	Fzt. Dürdane Şirinli Fzt. Aisha Muradova Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN Prof. Dr. Meral SERTEL	Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye Bursa Uludağ University, Türkiye
THE IMPORTANCE OF KINESIOTAPING IN ANKLE INJURIES AMONG ATHLETES	Fzt. Samet KIRAYKIR Prof. Dr. Meral SERTEL Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN	Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye Bursa Uludağ University, Türkiye
EFFECTS OF ARONIA CONSUMPTION ON ANTIOXIDANT CAPACITY AND OXIDATIVE STRESS	Ayşenur YILDIZ Dilay ÖĞÜT Assist. Prof. Dr. Sevinç TAY	Malatya Turgut Ozal University, Türkiye
THE EFFECT OF LYCHEE FRUIT ON NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE	Assist. Prof. Dr. Sevinç TAY Asiye KAYA	Malatya Turgut Ozal University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-1, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Murat KAYA

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ABIOTIC STRESS MEMORY IN EINKORN AND EMMER WHEAT: A MECHANISM-BASED SYNTHESIS ACROSS SALINITY, WATER DEFICIT, AND ANCIENT GENETIC HERITAGE	Dr. Meral KUTLU	Atatürk University, Türkiye
MICROPLASTIC PRESSURE IN CEREAL AGROECOSYSTEMS: A NEW ASSESSMENT IN TERMS OF SOIL–WATER DYNAMICS, DROUGHT VULNERABILITY, AND SUSTAINABLE PRODUCTION	Dr. Meral KUTLU	Atatürk University, Türkiye
THE REUSE OF BAKLAVA PRODUCTION PHYLLO DOUGH SCRAPS AND OTHER WASTE IGREDIENTS	Salih ARDIÇ Assist. Prof. Dr. Murat KAYA	Kayseri University, Türkiye
DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL AND BIOACTIVE PROPERTIES OF TOMATO PULP POWDERS OBTAINED FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION	Furkan YAVAŞ Assist. Prof. Dr. Nihat YILMAZ Assist. Prof. Dr. Murat KAYA	Kayseri University, Türkiye
THE EFFECT OF REPLACING ONION JUICE WITH CANCUR FRUIT IN CAUCASIAN MARINADE ON THE SENSORY PROPERTIES OF MEAT	Erdoğan KORKMAZ Assist. Prof. Dr. Duygu ALP BALTAKESMEZ Lect. Samet MISIR	Ardahan University, Türkiye
THE GASTRONOMIC IDENTITY OF ADANA CUISINE: AN EVALUATION FROM THE PERSPECTIVE OF LOCAL CULINARY CULTURE, GEOGRAPHICAL INDICATIONS AND GASTRONOMY TOURISM	Fatma KAYA Lect. Samet MISIR	Ardahan University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-2, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Hikmet Gültekin

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A STUDY ON THE QİRĀʾĀT AND TAJWĪD MANUSCRIPTS WRITTEN IN OTTOMAN TURKISH IN THE MANUSCRIPTS COLLECTION OF THE ÇORUM HASAN PAŞA LIBRARY	Abdüssamed İBİŞ	Kırıkkale University, Türkiye
DREAM AS A MEANS OF KARĀMAH AND IRSHĀD İN AL-QUSHAYRĪ'S AL-RİSĀLA	Ferhat SAÇAK Assist. Prof. Dr. Eyüp İNCE	Bilecik Şeyh Edebali University, Türkiye
THE TRANSFORMATION OF THE UNDERSTANDING OF RELIGIOUS EDUCATION IN OTTOMAN MILITARY SCHOOLS	Adem OĞUZ Assoc. Prof. Dr. İshak TEKİN	Eskişehir Osmangazi University, Türkiye
ÂTİKE BINT ZEYD AND THE CORRECTION OF AN ERROR MENTIONED IN THE SOURCES REGARDING HER	Assoc. Prof. Dr. Hikmet Gültekin	Uşak University, Türkiye
ACADEMIC EVALUATION OF THE ORIGIN, AUTHOR AND HISTORICAL CONTEXT OF NAHJ AL-BALĀGHAH	Assoc. Prof. Dr. Hikmet Gültekin	Uşak University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-3, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Kamil Akbayır

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
MODEL-BASED ASTRONOMY TEACHING: SEASONS AND PHASES OF THE MOON FOR PRIMARY SCHOOL TEACHERS	Prof. Dr. Hüseyin KALKAN Elif ER	Ondokuz Mayıs University, Türkiye
A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE 2018 AND 2024 MATHEMATICS CURRICULA BASED ON THE SOLO TAXONOMY	HAKAN YILDIZ Prof. Dr. TUĞBA HAN ŞİMŞEKLER DİZMAN	Gaziantep University, Türkiye
THE EFFECT OF CARTOON-SUPPORTED TEACHING PROCESS ON MATHEMATICS ACHIEVEMENT AND ATTITUDE	Betül Selah Assist. Prof. Dr. Kamil Akbayır	Yüzüncü Yıl University, Türkiye
INVESTIGATION OF MATHEMATICS TEACHERS' PERCEPTIONS, ATTITUDES, AND USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	Mücahit ÇEVİK Prof. Dr. Mehmet Fatih ÖZMANTAR	Gaziantep University, Türkiye
INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF IN-CLASS ARGUMENTATION AND DETERMINATION OF TEACHER AND STUDENT ROLES IN A 6TH GRADE MATHEMATICS CLASS	Neslihan ÇAKAN ÖZBAYAR Prof. Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTIN Prof. Dr. Rıdvan EZENTAŞ	Uludağ University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-4, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
GROWTH OF COMPOSITIONALLY UNIFORM Si–Ge MONOCRYSTALS BY THE ZONE MELTING METHOD AND INVESTIGATION OF THEIR THERMOELECTRIC PROPERTIES	Aynur Hashimova Sara Sadigova Garanfil Shahsivarova Ulviyya MUSTAFAYEVA	Sumgait State University, Azerbaijan
INVESTIGATION OF MICROSTRUCTURE AND THERMAL PROPERTIES OF RAPIDLY SOLIDIFIED AL-SI-LA ALLOYS	Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE Ömer LEKESİZTAŞ	Kayseri University, Türkiye
INVESTIGATION OF MECHANICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AL-SI-LA RAPIDLY SOFTENED ALLOYS	Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE Ömer LEKESİZTAŞ	Kayseri University, Türkiye
ELECTROCHEMICAL, ADSORPTION AND THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A GREEN INHIBITOR FOR Cu-Zn IN 3.5% NACL SOLUTION	I. MOUAMR S. Amalich D. BARTOUT R. ACHOUR M. BENMESSAOUD	Mohammed V University in Rabat, Morocco
DEVELOPMENT OF A NATURAL BIOINDICATOR FROM POMEGRANATE PEELS FOR SUSTAINABLE pH DETECTION	Dovletova Shirinjemal Melebayeva Oguljennet	Oguz han Engineering and Technology University, Turkmenistan
SUSTAINABLE FABRICATION OF A NATURAL POLYMER-BASED BIOPLASTIC USING AGAR, GELATIN, AND GLYCERIN: A LOW-COST APPROACH TO ECO-FRIENDLY MATERIAL DESIGN	Dovletova Shirinjemal Yuldashov Bahadir	Oguz han Engineering and Technology University, Turkmenistan
HIGH-Q PHONONIC CRYSTAL DESIGN BASED ON DISC-SHAPED CAVITIES	Mohammed MOUTAOUEKKIL	Université Mohammed I, Morocco

30.05.2026 / Hall-5, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Dr. Güray YILMAZ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
INTELLIGENCE COOPERATION REASONS AND CHALLENGES	Fırat TEMEL	Iğdır University, Türkiye
PATERNALISTIC LEADERSHIP	Lect. Emin Ergun SELÇUK	Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye
BOREOUT SYNDROME	Lect. Emin Ergun SELÇUK	Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye
DOES BEING TECHNOLOGY READY INCREASE CAREER SATISFACTION? AN EVALUATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TECHNOLOGY READINESS INDEX 2.0	Dr. Güray YILMAZ	Independent Researcher, Türkiye
DEMOCRACY AND HUMAN RIGHTS IN AZERBAIJAN: CURRENT SITUATION, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES	Umud BABAVERDIYEV Assoc. Prof. Dr. Mutlu SESLİ	Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye
AN ANALYSIS OF ENTREPRENEURSHIP AND EMPLOYMENT PRACTICES FOR NEET YOUTH IN SAMSUN WITHIN THE FRAMEWORK OF LOCAL DEVELOPMENT POLICIES	Tuğba YAYLA Assoc. Prof. Dr. Ali KAHRAMANOĞLU	Ondokuz Mayıs University, Türkiye

30.05.2026 / Hall-6, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Umida Mavlyanova

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
SEMA CEREMONIES AND THEIR STRUCTURES AT THE ELAZIĞ CEM HOUSE	Hakan ZENGİN	Inönü University State Conservatory, Türkiye
A STUDY ON THE ARRANGEMENT AND PERFORMANCE OF TURKISH FOLK MUSIC MELODIES ADAPTED FOR CLASSICAL GUITAR	Hakan ZENGİN	Inönü University State Conservatory, Türkiye
PUBLIC VISIBILITY AND THE TRANSFORMATION OF WOMEN'S MUSICIAN IDENTITY FROM THE OTTOMAN EMPIRE TO THE REPUBLIC	Sümeyye YARDIMCI	Ağrı İbrahim Çeçen University, Türkiye

31.05.2026 / Hall-1, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Nodar Sulashvili

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
COMPREHENSIVE SCIENTIFIC EVALUATION OF THE PRINCIPAL CLINICAL, DIAGNOSTIC, AND THERAPEUTIC DIMENSIONS OF ENDOVASCULAR INTERVENTIONAL MANAGEMENT IN GASTROINTESTINAL AND DUODENAL ULCER HEMORRHAGE: A CONCISE CASE-BASED ANALYTICAL REPORT	Nodar Sulashvili Gocha Chankseliani Lali Patsia	The University of Georgia, Georgia
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CRIMINOLOGY: PROGRESS OR DANGER?	PhD Roxana Mihaela MOISOIU Prof. Colegiul German	U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova București, România
TRAMADOL AND PARACETAMOL EFFECTS ON FEMALE HORMONE LEVELS AND BODY WEIGHT: SYSTEMATIC META-ANALYSIS	Sara Benseghir Benbia Souheyla	Mustapaha Ben Boulaid University, Algeria
EVIDENCE FROM META-ANALYSIS: OXIDATIVE STRESS AS A MECHANISM FOR TRAMADOL- AND PARACETAMOL-INDUCED FOLLICULAR LOSS	Bouzaher Selsabil Benbia Souheyla	Mustapaha Ben Boulaid University, Algeria
APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY AND LIPOSOMES FOR ENHANCING SPERM QUALITY AND CRYOPRESERVATION IN RUMINANTS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF STUDIES	Ali Soleimanzadeh Romina Safari Hamidreza Ebrahimi Donya Ganji Motlagh	Urmia University, Iran
NANO-ENABLED PHAGE FORMULATIONS FOR COMBATING MULTIDRUG-RESISTANT BACTERIAL INFECTIONS	Shairy Priya Rishabha Malviya	Galgotias University, India
BIOHYBRID MICRONEEDLES FOR PAINLESS MACROMOLECULAR DRUG DELIVERY	Madhavi Porwal Rishabha Malviya	Galgotias University, India

31.05.2026 / Hall-2, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assis. Prof. Dr. Muhammad FAISAL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES AND PERSONALIZED EDUCATION FOR CHILDREN IN THE DIGITAL AGE	Moses Adeolu AGOI Victor Oluwapelumi OGONGO Olajuwon Victor OLAYINKA Samuel Olayiwola AJAGA	Lagos State University of Education, Nigeria
DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA	Anga, Peter Inalegwu	Federal University of Technology, Nigeria
SUFI ''DIGITAL SAMĀ'' USING AI-ENHANCED VR TO EXPERIENCE MYSTICAL ECSTASY IN URBAN SOLITUDE	Assis. Prof. Dr. Muhammad FAISAL	Allama Iqbal Open University, Pakistan
ZOROASTRIANISM AND ''DIGITAL FIRE'' AI-MANAGED FIRE TEMPLES FOR A GLOBAL DIASPORA	Assis. Prof. Dr. Muhammad FAISAL	Allama Iqbal Open University, Pakistan
THE KODAVAS OF INDIA: A STUDY OF THEIR ORIGIN, TRADITIONS, AND CLOTHING	Prof G H S Prasad Dr Madan Lal Regar Akshara Rawat Madhu Suman Prajakta Bhandare Tina	National Institute of Fashion Technology Jodhpur, India
ENVIRONMENTAL LIABILITY IN THE RISK SOCIETY: THEORETICAL ISSUES AND IMPLICATIONS FOR VIETNAMESE LAW	Hoang Le Buu	Thu Dau Mot University, Vietnam
EFFECT OF INNOVATIVE LEARNING STRATEGIES TO IMPROVE CREATIVITY AND PROBLEM-SOLVING SKILLS AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN RIVERS STATE	Dr. Felicia KING-AGBOTO Clifford O. UGORJI (Ph.D)	NnamdiAzikiwe University, Nigeria

31.05.2026 / Hall-3, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Suresh Kumar

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
TRANSESTERIFICATION FOR BIODIESEL PRODUCTION FROM NEEM OIL AND KARANJA OIL, AND ENGINE PERFORMANCE AND EMISSION TESTING USING NANO- PARTICLE BLENDED FUELS	Mr. S. Santhosh Kumar	St. Joseph University in Tanzania, East Africa
LARGE LANGUAGE MODELS FOR AUTOMATED CROSS-CULTURAL TRANSLATION AND LOCALIZATION OF GLOBAL GRANT SUBMISSIONS	Assist. Prof. Dr. Muhammad Faisal	Allama Iqbal Open University, Pakistan
DESIGN AND FABRICATION OF A PORTABLE LOW-COST ROTARY BOREHOLE DRILLING MACHINE FOR RURAL WATER ACCESS	Rabiu Ahmad Abubakar Tasán Cruz Dany	Zhejiang University, China Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador
DESIGN, FABRICATION, AND PERFORMANCE EVALUATION OF A SINGLE-FRONT-WHEEL HAND-PUSH WEEDING RAKE	Rabiu Ahmad Abubakar	Audu Bako College of Agriculture Dambatta, Nigeria
FEASIBILITY STUDY OF A WIND-POWERED TURBO VENTILATOR GREENHOUSE DRYER FOR POST-HARVEST VEGETABLE PRESERVATION	Rabiu Ahmad Abubakar Tasan Cruz Dany	Zhejiang University, China National University of Chimborazo, Ecuador
NANOMATERIALS FOR ENVIRONMENTAL REMEDIATION: CONCEPT AND CASE STUDIES	Assoc. Prof. Dr. Suresh Kumar	Maharishi Markandeshwar (Deemed to be University) - Mullana, Haryana, India

31.05.2026 / Hall-4, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Tasawar Iqbal

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
EFFECTS OF PARTICIPATION IN ALTERNATIVE EXTENSION APPROACHES ON SMALLHOLDER RICE FARMERS' OUTPUT IN NIGER STATE, NIGERIA	N. Saidu J. H. Tsado A. Abdullahi	Federal University of Technology Minna, Nigeria
ROLE OF ROOSTER COMBS (COCKSCOMBS) DERIVED COLLAGEN IN IMPROVING SKIN ELASTICITY AND JOINT FUNCTION	Tasawar Iqbal	University of Agriculture, Pakistan
EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELD (PEF) TREATMENT ON PROTEINS FROM BOVINE AND CAPRINE MILK	Telma Freitas Mariane Souza Vitor Monteiro Filipa Pimentel Paulo Fernandes Alberta Araújo	Rua Escola Industrial e Comercial de Nun'Álvares, Portugal
DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LOW-COST RICE THRESHING MACHINE FOR SMALLHOLDER FARMERS IN RURAL COMMUNITIES	Abubakar R. A.	Audu Bako College of Agriculture Dambatta, Nigeria
IMAGE-BASED STRESS DETECTION IN MAIZE CROP USING DEEP LEARNING	Muskan Fatima	Namal University Mianwali, Pakistan
THE STUDY OF THE FAMILY PHYLLODACTYLIDAE (LEAF-TOED GECKOS) (REPTILIA: SAURIA) IN LORESTAN PROVINCE, WESTERN IRAN	Nasrullah Rastegar-Pouyani Maryam Omidian	Razi University, Iran

31.05.2026 / Hall-5, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10:00 – 12:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Dr. Cletus Chuks EGUGBO

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE LEGAL AND FINANCIAL FRAMEWORK AGAINST MONEY LAUNDERING AS A PREVENTIVE INSTRUMENT AGAINST TERRORISM: AN INTERNATIONAL AND REGIONAL PERSPECTIVE	Orlinda Sinanaj Romina Sinanaj	University of Insurance and Finance, Bulgaria Municipality of Vlora, Albania
INFORMATION, AWARENESS-RAISING, AND HOUSEHOLD WASTE MANAGEMENT IN THE HOTEL DISTRICTS OF CONAKRY, GUINEA	Coffi Joël ACCALOGOUN Sènakpon Socrate Sosthène TOBADA Codjo Désiré WEKEGOGO	Higher School of Tourism and Hospitality, Guinea Higher Institute of Information and Communication (ISIC) of Kountia, Guinea University of Kindia, Guinea
COMPETITION LAW AND INTERMEDIARY ACCOUNTABILITY: HUB AND SPOKE DYNAMICS IN DIGITAL PLATFORMS	Dr. Moumita Rout Majumdar Dr. Anwesha Ghosh	Amity University Mumbai, India
AUTOMATED SYSTEMS AND BIG DATA ANALYTICS FOR ENHANCING HIGHER EDUCATION QUALITY ASSURANCE	Iliichuk Liubomyra	Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ukraine
GOVERNANCE AND PEACEBUILDING: IMPLICATIONS FOR NIGERIA'S DEVELOPMENT	Dr. Cletus Chuks EGUGBO	Olabisi Onabanjo University, Nigeria
DIGITAL INTERPRETATION OF SETTLEMENT SITES OF EARLY HUMANS IN THE ZARQA VALLEY –SOUTH LEVANT	Mohammed Waheeb	The Hashemite University, Jordan
OCCUPATIONAL STRESS AND MENTAL HEALTH AMONG TEACHERS IN INCLUSIVE EDUCATION: A REVIEW	Mohita Sadhna Jain	University of Delhi, India

31.05.2026 / Hall-6, Session-1

ANKARA LOCAL TIME		**MEETING ID: 850 5059 9884**	
10:00 – 12:00		**PASSCODE: 123456**	

HEAD OF SESSION: DR. SALIU, M.R.

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
INFRASTRUCTURE, POLICY AND ECOSYSTEM DETERMINANTS OF AI ADOPTION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	DR. SALIU, M.R. Kure Isah Danjuma, PhD	Niger State College of Education, Nigeria Ibrahim Badamasi Babangida University, Nigeria
MULTI-CHANNEL SECURITY AND EMERGENCY ALERT SYSTEM FOR CAMPUS SAFETY	Levi Anyehechukwu Nwosu Cynthia Chideraa Nwosu	Abia State University, Nigeria Alvan Ikoku Federal University of Education, Nigeria
THE EFFECTS OF RECEIVING FEEDBACK FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR THE TEACHER ON LEARNING DURING THE ARGUMENT CONSTRUCTION PROCESS OF 6TH GRADE MIDDLE SCHOOL STUDENTS	Gözde SEVGEN Prof. Dr. Ömer ACAR	Kocaeli University, Türkiye
CONVERGENCE OF SOME TYPES OF NONLINEAR INTEGRAL OPERATOR FAMILIES AT CHARACTERISTIC POINTS	Assoc. Prof. Dr. Sevgi ESEN ALMALI	Kırıkkale University, Türkiye
POINTWISE CONVERGENCE OF FUNCTION BY THE FAMILY OF INTEGRAL OPERATORS WITH POZITIVE KERNELS	Assoc. Prof. Dr. Sevgi ESEN ALMALI	Kırıkkale University, Türkiye
DIGITAL VALIDATION-SEEKING AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN ADOLESCENTS: A NARRATIVE REVIEW	Prerna Arora Sadhna Jain	University of Delhi, India
INTERNATIONALIZATION OF THE CURRICULUM: REIMAGINING HUMAN-CENTRED LEARNING AND TEACHING INNOVATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	Marcos Pérez Mendoza María Cruz Cuevas Álvarez Miguel Armando Vélez Téllez	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Mexico

31.05.2026 / Hall-1, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Prof. Ass. Dr. Kastriote Vlahna

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE PRINCIPLE OF FAIR TRIAL IN CIVIL PROCEDURE UNDER THE LEGISLATION OF KOSOVO	Prof. Ass. Dr. Kastriote Vlahna	University "Ukshin Hoti" Prizren, Kosovo
EFFICIENCY OF CIVIL PROCEEDINGS AND JUDICIAL DELAYS IN KOSOVO	Prof. Ass. Dr. Kastriote Vlahna	University "Ukshin Hoti" Prizren, Kosovo
TAX ADMINISTRATION AND LEGAL CERTAINTY IN KOSOVO	Dafina VLAHNA	University "Hasan Prishtina" Prstina, Kosovo
ANTI-MONEY LAUNDERING AND FINANCIAL TRANSPARENCY IN KOSOVO	Dafina VLAHNA	University "Hasan Prishtina" Prstina, Kosovo
JURISDICTION AND APPLICABLE LAW IN INTERNATIONAL FAMILY DISPUTES	Phd. Cand. Argona KUÇI	South Eastern European University, North Macedonia
RECOGNITION AND ENFORCEMENT OF FOREIGN JUDGMENTS IN KOSOVO	Phd. Cand. Argona KUÇI	South Eastern European University, North Macedonia
CYBERCRIME AND CRIMINAL LAW CHALLENGES IN THE DIGITAL ERA	Phd. Cand. Triumf SADIKAJ	South East European University, North Macedonia
CORRUPTION AS A CHALLENGE TO THE RULE OF LAW IN KOSOVO	Phd. Cand. Triumf SADIKAJ	South East European University, North Macedonia

31.05.2026 / Hall-2, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Meitya Djasmine Hayati

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
GLOBAL RESEARCH TRENDS AND EMPIRICAL REALITIES OF INTERNATIONAL VISITOR SATISFACTION IN COMMUNITY-BASED ECOTOURISM: A CASE OF THOI SON ISLET, VIETNAM	Huynh Khai Minh M.A. Le Thi Kim Ngoan Do Van Tien	Ton Duc Thang University, Vietnam University of Social Sciences and Humanities, VNU-HCM, Vietnam
THE EFFECT OF CARBON EMISSION DISCLOSURE ON FIRM VALUE: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE AS A MODERATING VARIABLE	Hana Vauziyah Afan Rifan Hakim Khafidhotul Afida Alfat Ibnu Firdan	Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia
HUMAN READINESS FOR AN AI-DRIVEN FUTURE: THE ROLE OF AWARENESS, TRUST, RISK PERCEPTION, AND CAREER EXPECTATIONS	Kreshnik VUKATANA Anxhela FERHATAJ	University of Tirana, Albania
THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA MARKETING ON CONSUMER PURCHASE DECISIONS IN THE CREATIVE ECONOMY SECTOR	Navila Bunga SAFIRA Nala MAGHFİROH Widia Reza VALENTINA	K.H Abdurrahman Wahid State Islamic Universisy, Indonesia
FINANCIAL MANAGEMENT EDUCATION AS AN EFFORT TO INCREASE SAVING AWARENESS AMONG CHILDREN	Meitya Djasmine Hayati	K.H Abdurrahman Wahid State Islamic Universisy, Indonesia
THE IMPACT OF POVERTY AND UNEMPLOYMENT ON ECONOMIC GROWTH IN NIGERIA [1990-2025]	James Essien Akpan PhD Simon Ternenge Asongo PhD	Nigeria Police Academy, Nigeria
CASHLESS POLICY AND ECONOMIC GROWTH OF NIGERIA: A REVIEW OF EMPIRICAL STUDIES	Dr. Daniel Marcel Aiyebelehin, Emoshoriamhe Ruth	Mudiame University, Nigeria

31.05.2026 / Hall-3, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Amena Khatun Manica

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
EXPERIMENTAL AND IN SILICO LIPOPHILICITY AND ECOTOXICITY STUDY OF THIOCARBOHYDRAZONES	Dragana MEKIĆ Gyöngyi VASTAG Borko MATIJEVIĆ Gorana MRĐAN Suzana APOSTOLOV	University of Novi Sad, Serbia
PROBLEMS OF HAZARDOUS LIQUIDS TRANSPORTING IN TANKS OVER ROUGH ROADS	Volodymyr HOLOTA D.Sc., Olena SIERIKOVA D.Sc., Elena STRELNIKOVA PhD, Kyryl DEGTYARIOV	National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine National Scientific Center "Hon. Prof. M.S. Bokarius Forensic Science Institute" of the Ministry of Justice of Ukraine, Ukraine A.M. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, Ukraine
INTRODUCING AN INDICATOR BASED NOVEL APPROACH FOR EXPLORING THE DEGREE OF RAINFALL ALTERATION	Assist. Prof. Dr. Priyanka Das Prof. Dr. Swades Pal	Malda Women's College, India University of Gour Banga, India
AI-ASSISTED GREEN CHEMISTRY APPROACHES FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PROTECTION	Amena Khatun Manica	University of New Haven, USA
SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF THIOPHENE BASED OXADIAZOLE DERIVATIVES AS PROMISING ANTICANCER AGENTS AGAINST LIVER CANCER	Samreen Gul Khan Zainib Razzaq	Government College University, Pakistan
LIABILITY FOR BREACHES OF PATIENT CONFIDENTIALITY: ETHICAL PERSPECTIVES	VORONEANU-POPA Rareş-Vasile CONSTANTINESCU Richard	"Grigore T. Popa" University, Romania
ENTROPY BEHAVIOUR IN AN INTERACTING MAGNETIZED COSMOLOGICAL MODEL INCORPORATING Λ	Shantanu Kumar Biswal	GITA Autonomous College, Bhubaneswar, India

31.05.2026 / Hall-4, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Nino Qarchkhadze

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ARCHAEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL MAP OF AMMAN NATIONAL PARK	Mohammed Al-Zuhair Mohammed Waheeb	Jordan University, Jordan The Hashemite University, Jordan
THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON TEENAGERS' COMMUNICATION AND MENTAL HEALTH IN THE DIGITAL ERA	Afan Rifan Hakim Hana Vauziyah Khafidhotul Afida Alfat Ibnu Firdan	Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia
AI-GOVERNED PRECISION HEALTHCARE AS A PUBLIC GOVERNANCE CHALLENGE IN ALGORITHMIC EQUITY, DATA SOVEREIGNTY, AND HEALTH POLICY: A LITERATURE REVIEW	Nino Qarchkhadze Prof. Dr. Giorgi Dugashvili	Caucasus International University, Georgia Grigol Robakidze University, School of Medicine, Georgia
SOCIAL ACCELERATION AND MOTORCYCLES	Prof. Valentina Marinescu Lect. Ramona MARINACHE	University of Bucharest, Romania
ROAD TRAFFIC ACCIDENT IN ROMANIA BETWEEN 2013-2023	Lect. Ramona MARINACHE Prof. Valentina Marinescu	University of Bucharest, Romania
THE CONCEPT OF IDENTITY: A POSTHUMANIST ANALYSIS OF FRICTIONAL GAMES' SOMA	Mr. Abdul Ali Mr. Hamza Ali	Abasyn University Peshawar, Pakistan
THE ROLE OF MANAGEMENT ACCOUNTING IN ENHANCING ORGANIZATIONAL PERFORMANCE: A CASE STUDY OF AHMAN PATEGI UNIVERSITY, KWARA STATE, NIGERIA	Umar Baba Shaaba	Ahman Pategi University, Nigeria

31.05.2026 / Hall-5, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

11:00 – 13:00

MEETING ID: 850 5059 9884

PASSCODE: 123456

HEAD OF SESSION: Dr. Huma IKRAM

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
POLYPHENOLS AND RESISTANCE TRAINING IN HEALTHY AGING: A GEROSCIENCE-BASED SYNERGISTIC APPROACH TO BRAIN AND MUSCLE HEALTH	Mónika Fekete Andrea Lehoczki Ágnes Szappanos Vince Fazekas-Pongor	Semmelweis University, Hungary
MEMORY ENHANCING AND NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF TURMERIC (CURCUMA LONGA) IN SCOPOLAMINE-INDUCED RAT MODEL OF DEMENTIA	Dr. Huma IKRAM Rumaisa ZAKIR Darakhshan J. HALEEM	University of Karachi, Pakistan
THE PROBLEM OF MICROPLASTICS IN ENVIRONMENTAL MEDICINE	Mariami Managadze	Tbilisi State Medical University, Georgia

CONTENT

CONGRESS ID	I
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	II
PHOTO GALLERY	III
PROGRAM	IV
CONTENT	V

ABSTRACTS

Author	Title	No
Hasan Can	THE LEGAL NATURE OF THE GUARANTEE IN BILLS OF EXCHANGE: A SUI GENERIS OBLIGATION TRANSCENDING THE DILEMMA OF INDEPENDENCE VERSUS ACCESSORY NATURE	1
Ramazan COŞKUN	AN EXAMINATION OF FAILURE DYNAMICS IN STARTUPS FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE	3
Yusuf SÜVE Alis KOSTANOGLU GÖKHAN CAN TÖRPÜ	COMPARISON OF THE EFFECTS OF ONLINE-BASED TELEREHABILITATION AND EDUCATIONAL MATERIAL SUPPORTED EXERCISE APPLICATIONS ON PAIN, SLEEP QUALITY, KINESIOPHOBIA, AND QUALITY OF LIFE IN OFFICE WORKERS WITH NON-SPECIFIC NECK PAIN	5
Buse Nur MADEN Rabia ÇAKIR Saliha Ece ACUNER	INVESTIGATION OF THE ROLE OF OXIDATIVE STRESS IN PARKINSON'S DISEASE USING TRANSCRIPTOMIC ANALYSES AND IDENTIFICATION OF POTENTIAL INHIBITORS THROUGH COMPUTATIONAL DRUG DISCOVERY APPROACHES	7
Selin YILDIZ Gonca KEÇECİ	AN EVALUATION OF THE STEAM PLATFORM DEVELOPED FOR MIDDLE SCHOOL STUDENTS AND SCIENCE TEACHERS, BASED ON THE EXPERIENCES OF MIDDLE SCHOOL STUDENTS	9
Nejdet ÇELİK	RECONSTRUCTING THE CONCEPT OF FAMILY: THE TURKEY CENTURY EDUCATION MODEL AND THE 2024 SOCIAL STUDIES CURRICULUM	11
Esra KARABACAK Selma KORKMAZ Pembe Eminsel ÇETİN	EVALUATION OF TEACHERS' OPINIONS ON THE ANALYTICAL METHOD USED IN PRIMARY READING AND WRITING INSTRUCTION	13
Pembe Eminsel ÇETİN Selma KORKMAZ Esra KARABACAK	EVALUATION OF VISUAL READING SKILLS OF ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS	15
Fatma TEKİN Asena Ayvaz CAN	AN EXAMINATION OF THE MEANINGS ATTRIBUTED TO FRIENDSHIP BY FOURTH-GRADE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS	17
Veysel Hasan GÜL Cemre ERTEN TATLI	THE MEDIATING ROLE OF HOUSEHOLD CHAOS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN FAMILY FUNCTIONING AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN UNIVERSITY STUDENTS	19
Ayşenur YILDIZ Dilay ÖĞÜT Sevinç TAY	EFFECTS OF ARONIA CONSUMPTION ON ANTIOXIDANT CAPACITY AND OXIDATIVE STRESS	21
Sevinç TAY Asiye KAYA	THE EFFECT OF LYCHEE FRUIT ON NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE	23
Furkan YAVAŞ Nihat YILMAZ Murat KAYA	DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL AND BIOACTIVE PROPERTIES OF TOMATO PULP POWDERS OBTAINED FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION	25
Betül Selah Kamil Akbayır	THE EFFECT OF CARTOON-SUPPORTED TEACHING PROCESS ON MATHEMATICS ACHIEVEMENT AND ATTITUDE	27
I. MOUAMR S. Amalich D. BARTOUT R. ACHOUR M. BENMESSAOUD	ELECTROCHEMICAL, ADSORPTION AND THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A GREEN INHIBITOR FOR Cu-Zn IN 3.5% NACL SOLUTION	29
Mohammed MOUTAOUEKKIL	HIGH-Q PHONONIC CRYSTAL DESIGN BASED ON DISC-SHAPED CAVITIES	30
Fırat TEMEL	INTELLIGENCE COOPERATION REASONS AND CHALLENGES	31
Güray YILMAZ	DOES BEING TECHNOLOGY READY INCREASE CAREER SATISFACTION? AN EVALUATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TECHNOLOGY READINESS INDEX 2.0	32
Umud BABAVERDIYEV Mutlu SESLİ	DEMOCRACY AND HUMAN RIGHTS IN AZERBAIJAN: CURRENT SITUATION, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES	34

Roxana Mihaela MOISOIU **Colegiul German**	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CRIMINOLOGY: PROGRESS OR DANGER?	36
Sara Benseghir **Benbia Souheyla**	TRAMADOL AND PARACETAMOL EFFECTS ON FEMALE HORMONE LEVELS AND BODY WEIGHT: SYSTEMATIC META-ANALYSIS	37
Bouzaher Selsabil **Benbia Souheyla**	EVIDENCE FROM META-ANALYSIS: OXIDATIVE STRESS AS A MECHANISM FOR TRAMADOL- AND PARACETAMOL-INDUCED FOLLICULAR LOSS	38
Shairy Priya **Rishabha Malviya**	NANO-ENABLED PHAGE FORMULATIONS FOR COMBATING MULTIDRUG-RESISTANT BACTERIAL INFECTIONS	39
Madhavi Porwal **Rishabha Malviya**	BIOHYBRID MICRONEEDLES FOR PAINLESS MACROMOLECULAR DRUG DELIVERY	40
Muhammad FAISAL	SUFI ''DIGITAL SAMĀ'' USING AI-ENHANCED VR TO EXPERIENCE MYSTICAL ECSTASY IN URBAN SOLITUDE	41
Muhammad FAISAL	ZOROASTRIANISM AND ''DIGITAL FIRE'' AI-MANAGED FIRE TEMPLES FOR A GLOBAL DIASPORA	42
G H S Prasad **Madan Lal Regar** **Akshara Rawat** **Madhu Suman** **Prajakta Bhandare Tina**	THE KODAVAS OF INDIA: A STUDY OF THEIR ORIGIN, TRADITIONS, AND CLOTHING	43
Felicia KING-AGBOTO **Clifford O. UGORJI**	EFFECT OF INNOVATIVE LEARNING STRATEGIES TO IMPROVE CREATIVITY AND PROBLEM-SOLVING SKILLS AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN RIVERS STATE	44
S. Santhosh Kumar	TRANSESTERIFICATION FOR BIODIESEL PRODUCTION FROM NEEM OIL AND KARANJA OIL, AND ENGINE PERFORMANCE AND EMISSION TESTING USING NANO- PARTICLE BLENDED FUELS	45
Muhammad Faisal	LARGE LANGUAGE MODELS FOR AUTOMATED CROSS-CULTURAL TRANSLATION AND LOCALIZATION OF GLOBAL GRANT SUBMISSIONS	46
Rabiu Ahmad Abubakar **Tasán Cruz Dany**	DESIGN AND FABRICATION OF A PORTABLE LOW-COST ROTARY BOREHOLE DRILLING MACHINE FOR RURAL WATER ACCESS	47
Rabiu Ahmad Abubakar	DESIGN, FABRICATION, AND PERFORMANCE EVALUATION OF A SINGLE-FRONT-WHEEL HAND-PUSH WEEDING RAKE	48
Rabiu Ahmad Abubakar **Tasan Cruz Dany**	FEASIBILITY STUDY OF A WIND-POWERED TURBO VENTILATOR GREENHOUSE DRYER FOR POST-HARVEST VEGETABLE PRESERVATION	49
Tasawar Iqbal	ROLE OF ROOSTER COMBS (COCKSCOMBS) DERIVED COLLAGEN IN IMPROVING SKIN ELASTICITY AND JOINT FUNCTION	50
Telma Freitas **Mariane Souza** **Vitor Monteiro** **Filipa Pimentel** **Paulo Fernandes** **Alberta Araújo**	EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELD (PEF) TREATMENT ON PROTEINS FROM BOVINE AND CAPRINE MILK	51
Abubakar R. A.	DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LOW-COST RICE THRESHING MACHINE FOR SMALLHOLDER FARMERS IN RURAL COMMUNITIES	52
Muskan Fatima	IMAGE-BASED STRESS DETECTION IN MAIZE CROP USING DEEP LEARNING	53
Nasrullah Rastegar-Pouyani **Maryam Omidian**	THE STUDY OF THE FAMILY PHYLLODACTYLIDAE (LEAF-TOED GECKOS) (REPTILIA: SAURIA) IN LORESTAN PROVINCE, WESTERN IRAN	54
Orlinda Sinanaj **Romina Sinanaj**	THE LEGAL AND FINANCIAL FRAMEWORK AGAINST MONEY LAUNDERING AS A PREVENTIVE INSTRUMENT AGAINST TERRORISM: AN INTERNATIONAL AND REGIONAL PERSPECTIVE	55
Moumita Rout Majumdar **Anwesha Ghosh**	COMPETITION LAW AND INTERMEDIARY ACCOUNTABILITY: HUB AND SPOKE DYNAMICS IN DIGITAL PLATFORMS	56
Iliichuk Liubomyra	AUTOMATED SYSTEMS AND BIG DATA ANALYTICS FOR ENHANCING HIGHER EDUCATION QUALITY ASSURANCE	57
Cletus Chuks EGUGBO	GOVERNANCE AND PEACEBUILDING: IMPLICATIONS FOR NIGERIA'S DEVELOPMENT	58
Mohammed Waheeb	DIGITAL INTERPRETATION OF SETTLEMENT SITES OF EARLY HUMANS IN THE ZARQA VALLEY –SOUTH LEVANT	59
Mohita **Sadhna Jain**	OCCUPATIONAL STRESS AND MENTAL HEALTH AMONG TEACHERS IN INCLUSIVE EDUCATION: A REVIEW	61
Levi Anyehechukwu Nwosu **Cynthia Chideraa Nwosu**	MULTI-CHANNEL SECURITY AND EMERGENCY ALERT SYSTEM FOR CAMPUS SAFETY	62
Gözde SEVGEN **Ömer ACAR**	THE EFFECTS OF RECEIVING FEEDBACK FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR THE TEACHER ON LEARNING DURING THE ARGUMENT CONSTRUCTION PROCESS OF 6TH GRADE MIDDLE SCHOOL STUDENTS	63

Sevgi ESEN ALMALI	CONVERGENCE OF SOME TYPES OF NONLINEAR INTEGRAL OPERATOR FAMILIES AT CHARACTERISTIC POINTS	65
Sevgi ESEN ALMALI	POINTWISE CONVERGENCE OF FUNCTION BY THE FAMILY OF INTEGRAL OPERATORS WITH POZITIVE KERNELS	68
Prerna Arora **Sadhna Jain**	DIGITAL VALIDATION-SEEKING AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN ADOLESCENTS: A NARRATIVE REVIEW	71
Marcos Pérez Mendoza **María Cruz Cuevas Álvarez** **Miguel Armando Vélez Téllez**	INTERNATIONALIZATION OF THE CURRICULUM: REIMAGINING HUMAN-CENTRED LEARNING AND TEACHING INNOVATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	72
Kastriote Vlahna	THE PRINCIPLE OF FAIR TRIAL IN CIVIL PROCEDURE UNDER THE LEGISLATION OF KOSOVO	73
Kastriote Vlahna	EFFICIENCY OF CIVIL PROCEEDINGS AND JUDICIAL DELAYS IN KOSOVO	74
Dafina VLAHNA	TAX ADMINISTRATION AND LEGAL CERTAINTY IN KOSOVO	75
Dafina VLAHNA	ANTI-MONEY LAUNDERING AND FINANCIAL TRANSPARENCY IN KOSOVO	76
Argona KUÇI	JURISDICTION AND APPLICABLE LAW IN INTERNATIONAL FAMILY DISPUTES	77
Argona KUÇI	RECOGNITION AND ENFORCEMENT OF FOREIGN JUDGMENTS IN KOSOVO	78
Triumf SADIKAJ	CYBERCRIME AND CRIMINAL LAW CHALLENGES IN THE DIGITAL ERA	79
Triumf SADIKAJ	CORRUPTION AS A CHALLENGE TO THE RULE OF LAW IN KOSOVO	80
Hana Vauziyah **Afan Rifan Hakim** **Khafidhotul Afida** **Alfat Ibnu Firdan**	THE EFFECT OF CARBON EMISSION DISCLOSURE ON FIRM VALUE: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE AS A MODERATING VARIABLE	81
Kreshnik VUKATANA **Anxhela FERHATAJ**	HUMAN READINESS FOR AN AI-DRIVEN FUTURE: THE ROLE OF AWARENESS, TRUST, RISK PERCEPTION, AND CAREER EXPECTATIONS	82
Navila Bunga SAFIRA **Nala MAGHFİROH** **Widia Reza VALENTINA**	THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA MARKETING ON CONSUMER PURCHASE DECISIONS IN THE CREATIVE ECONOMY SECTOR	83
Meitya Djasmine Hayati	FINANCIAL MANAGEMENT EDUCATION AS AN EFFORT TO INCREASE SAVING AWARENESS AMONG CHILDREN	84
James Essien Akpan **Simon Ternenge Asongo**	THE IMPACT OF POVERTY AND UNEMPLOYMENT ON ECONOMIC GROWTH IN NIGERIA [1990-2025]	85
Dragana MEKIĆ **Gyöngyi VASTAG** **Borko MATIJEVIĆ** **Gorana MRĐAN** **Suzana APOSTOLOV**	EXPERIMENTAL AND IN SILICO LIPOPHILICITY AND ECOTOXICITY STUDY OF THIOCARBOHYDRAZONES	86
Priyanka Das **Swades Pal**	INTRODUCING AN INDICATOR BASED NOVEL APPROACH FOR EXPLORING THE DEGREE OF RAINFALL ALTERATION	87
Amena Khatun Manica	AI-ASSISTED GREEN CHEMISTRY APPROACHES FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PROTECTION	88
Samreen Gul Khan **Zainib Razzaq**	SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF THIOPHENE BASED OXADIAZOLE DERIVATIVES AS PROMISING ANTICANCER AGENTS AGAINST LIVER CANCER	89
VORONEANU-POPA Rareș-Vasile **CONSTANTINESCU Richard**	LIABILITY FOR BREACHES OF PATIENT CONFIDENTIALITY: ETHICAL PERSPECTIVES	90
Shantanu Kumar Biswal	ENTROPY BEHAVIOUR IN AN INTERACTING MAGNETIZED COSMOLOGICAL MODEL INCORPORATING Λ	91
Mohammed Al-Zuhair **Mohammed Waheeb**	ARCHAEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL MAP OF AMMAN NATIONAL PARK	92
Afan Rifan Hakim **Hana Vauziyah** **Khafidhotul Afida** **Alfat Ibnu Firdan**	THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON TEENAGERS' COMMUNICATION AND MENTAL HEALTH IN THE DIGITAL ERA	94
Nino Qarchkhadze **Giorgi Dugashvili**	AI-GOVERNED PRECISION HEALTHCARE AS A PUBLIC GOVERNANCE CHALLENGE IN ALGORITHMIC EQUITY, DATA SOVEREIGNTY, AND HEALTH POLICY: A LITERATURE REVIEW	95
Valentina Marinescu **Ramona MARINACHE**	SOCIAL ACCELERATION AND MOTORCYCLES	96
Ramona MARINACHE **Valentina Marinescu**	ROAD TRAFFIC ACCIDENT IN ROMANIA BETWEEN 2013-2023	97

Abdul Ali **Hamza Ali**	THE CONCEPT OF IDENTITY: A POSTHUMANIST ANALYSIS OF FRICTIONAL GAMES' SOMA	98
Umar Baba Shaaba	THE ROLE OF MANAGEMENT ACCOUNTING IN ENHANCING ORGANIZATIONAL PERFORMANCE: A CASE STUDY OF AHMAN PATEGI UNIVERSITY, KWARA STATE, NIGERIA	99
Huma IKRAM **Rumaisa ZAKIR** **Darakhshan J. HALEEM**	MEMORY ENHANCING AND NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF TURMERIC (CURCUMA LONGA) IN SCOPOLAMINE-INDUCED RAT MODEL OF DEMENTIA	100
Mariami Managadze	THE PROBLEM OF MICROPLASTICS IN ENVIRONMENTAL MEDICINE	101

Full texts

Hasan Can	THE LEGAL NATURE AND EVIDENTIARY VALUE OF ELECTRONIC BILLS OF LADING	102
Altuğ OCAK	RELATIONSHIP MARKETING IN EXPORT-ORIENTED SMES: FACTORS DRIVING LONG-TERM PARTNERSHIPS BETWEEN LATIN AMERICAN SUPPLIERS AND EUROPEAN BUYERS	114
Mehmet GÖKALP **Tuncay ÇELİK**	AN ANALYSIS OF U.S.-CHINA FOREIGN TRADE AMID TRADE WAR AND ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY	134
Sahil MURTUZAYEV	MACROECONOMIC AND MACROPRUDENTIAL REGULATION IN PROTECTING SYSTEMICALLY IMPORTANT BANKS: THE AZERBAIJANI EXPERIENCE	146
Ömer Can KIZILAY **Ömer ELDİVEN**	DESIGN OF A PATIENT-SPECIFIC FLEXIBLE IMMOBILIZATION PAD FOR TOE FRACTURES	156
Baran UÇAR **Ayşegül ÖNDEŞ** **Anzel Toprak BİŞKİN** **Esin AKOL GÖRGÜN**	PERIPHERAL GIANT CELL GRANULOMA: A CASE REPORT	164
Nazlı ERCAN	IS YOUR CAT DIABETIC OR ACROMEGALIC? A BIOCHEMICAL DIAGNOSTIC APPROACH	171
Anvar ABBASOV	WHAT DO WE THINK ABOUT THE CONTENT COMPONENT OF EDUCATION TODAY?	177
Elif Sanem ÖZTÜRK **Hüdayim BAŞAK**	BIOMIMETIC-BASED EMOTIONAL FUNCTIONAL DESIGN: ALTERNATIVE FORM APPROACHES FOR YOKE STEERING WHEEL DESIGN	186
Hümeyra EKİNCİ **Hüdayim BAŞAK**	DESIGN OF NEXT-GENERATION PASSIVE HEAT SINKS WITH BIOMIMETIC-INSPIRED LATTICE STRUCTURES	198
Semih YÜCE **Abdulhakim KARAKAYA**	INTEGRATION OF WASTE HEAT FROM THERMAL POWER PLANTS INTO DISTRICT HEATING SYSTEMS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS	221
Eray DURSUN **Serdar SOLAK**	MACHINE LEARNING-BASED APPROACHES FOR MODELING AND PREDICTION OF SPORTS INJURY RISK	226
Seda GÜDE **Eser SERT**	3D DEEP LEARNING-BASED SPLEEN SEGMENTATION: A COMPARATIVE STUDY OF U-NET AND TRANSFORMER ARCHITECTURES	239
Rıfat Burak ÖZKAN **Burak ALTAŞ** **Murat UYAR** **Alimurtaza RUTCİ**	HYPERPARAMETER OPTIMIZATION- BASED STRUCTURAL FIELD RECONSTRUCTION FOR STRUCTURAL HEALTH MONITORING UNDER LIMITED DATA REGIME	249
Mamadou Alpha BARRY **Cenk YAVUZ**	SOLAR ENERGY IN THE FIGHT AGAINST ENERGY POVERTY: A SPATIAL ROADMAP FOR GUINEA'S ELECTRICITY ACCESS GAP AND RENEWABLE ENERGY TRANSITION	260
Belgin Ekinsu GÜLER **Hakan Duman**	THE RELATIONSHIP BETWEEN NARCISSISTIC PERSONALITY TRAITS, EMPATHY, MENTALIZATION AND CHILDHOOD TRAUMATIC EXPERIENCES	269
İrem TOPÇU **Hakan Duman**	COMPARISON OF PARENTING STRESS, SOCIAL SUPPORT, AND LIFE SATISFACTION AMONG MOTHERS OF CHILDREN AGED 7–12 WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER AND ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER	281
Ebru AYKAN **Mürüvvet ERCAN**	MOTIVATION, EXPERIENCE, AND SATISFACTION PERCEPTIONS OF UNIVERSITY STUDENTS WORKING PART-TIME WITHIN THE SCOPE OF THE İŞKUR YOUTH PROGRAM: A QUALITATIVE STUDY	296
Tannaz BEHNOUD **Fitnat Şule ŞAKAR**	A REVIEW ON THE EFFECTS OF MIGRATION ON NUTRITION	308
Dürdane Şirinli **Aisha Muradova** **Eylem TÜTÜN YÜMİN** **Meral SERTEL**	CLINICAL, FUNCTIONAL, AND COGNITIVE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE AND BREATHING TRAINING IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE	314
Samet KIRAYKIR **Meral SERTEL** **Eylem TÜTÜN YÜMİN**	THE IMPORTANCE OF KINESIOTAPING IN ANKLE INJURIES AMONG ATHLETES	321

Meral KUTLU	ABIOTIC STRESS MEMORY IN EINKORN AND EMMER WHEAT: A MECHANISM- BASED SYNTHESIS ACROSS SALINITY, WATER DEFICIT, AND ANCIENT GENETIC HERITAGE	328
Meral KUTLU	MICROPLASTIC PRESSURE IN CEREAL AGROECOSYSTEMS: A NEW ASSESSMENT IN TERMS OF SOIL–WATER DYNAMICS, DROUGHT VULNERABILITY, AND SUSTAINABLE PRODUCTION	353
Salih ARDIÇ **Murat KAYA**	THE REUSE OF BAKLAVA PRODUCTION PHYLLO DOUGH SCRAPS AND OTHER WASTE IGREDIENTS	379
Abdüssamed İBİŞ	A STUDY ON THE QİRĀ ̓ĀT AND TAJWĪD MANUSCRIPTS WRITTEN IN OTTOMAN TURKISH IN THE MANUSCRIPTS COLLECTION OF THE ÇORUM HASAN PAŞA LIBRARY	388
Ferhat SAÇAK **Eyüp İNCE**	DREAM AS A MEANS OF KARĀMAH AND IRSHĀD İN AL-QUSHAYRĪ'S AL-RİSĀLA	421
Adem OĞUZ **İshak TEKİN**	THE TRANSFORMATION OF THE UNDERSTANDING OF RELIGIOUS EDUCATION IN OTTOMAN MILITARY SCHOOLS	428
Hikmet Gültekin	ÂTİKE BINT ZEYD AND THE CORRECTION OF AN ERROR MENTIONED IN THE SOURCES REGARDING HER	436
Hikmet Gültekin	ACADEMIC EVALUATION OF THE ORIGIN, AUTHOR AND HISTORICAL CONTEXT OF NAHJ AL-BALĀGHAH	443
Elif ER **Hüseyin KALKAN**	MODEL-BASED ASTRONOMY TEACHING: SEASONS AND PHASES OF THE MOON FOR PRIMARY SCHOOL TEACHERS	451
HAKAN YILDIZ **TUĞBA HAN ŞİMŞEKLER DİZMAN**	A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE 2018 AND 2024 MATHEMATICS CURRICULA BASED ON THE SOLO TAXONOMY	465
Mücahit ÇEVİK **Mehmet Fatih ÖZMANTAR**	INVESTIGATION OF MATHEMATICS TEACHERS' PERCEPTIONS, ATTITUDES, AND USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	478
Neslihan ÇAKAN ÖZBAYAR **Menekşe Seden TAPAN BROUTIN** **Rıdvan EZENTAŞ**	INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF IN-CLASS ARGUMENTATION AND DETERMINATION OF TEACHER AND STUDENT ROLES IN A 6TH GRADE MATHEMATICS CLASS	492
Aynur Hashimova **Sara Sadigova** **Garanfil Shahsivarova** **Ulviyya MUSTAFAYEVA**	GROWTH OF COMPOSITIONALLY UNIFORM Si–Ge MONOCRYSTALS BY THE ZONE MELTING METHOD AND INVESTIGATION OF THEIR THERMOELECTRIC PROPERTIES	502
Ercan KARAKÖSE **Ömer LEKESİZTAŞ**	INVESTIGATION OF MICROSTRUCTURE AND THERMAL PROPERTIES OF RAPIDLY SOLIDIFIED AL-SI-LA ALLOYS	510
Ercan KARAKÖSE **Ömer LEKESİZTAŞ**	INVESTIGATION OF MECHANICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AL-SI-LA RAPIDLY SOFTENED ALLOYS	521
Dovletova Shirinjemal **Melebayeva Oguljennet**	DEVELOPMENT OF A NATURAL BIOINDICATOR FROM POMEGRANATE PEELS FOR SUSTAINABLE pH DETECTION	527
Dovletova Shirinjemal **Yuldashov Bahadir**	SUSTAINABLE FABRICATION OF A NATURAL POLYMER-BASED BIOPLASTIC USING AGAR, GELATIN, AND GLYCERIN: A LOW-COST APPROACH TO ECO-FRIENDLY MATERIAL DESIGN	532
Emin Ergun SELÇUK	PATERNALISTIC LEADERSHIP	538
Emin Ergun SELÇUK	BOREOUT SYNDROME	544
Tuğba YAYLA **Ali KAHRAMANOĞLU**	AN ANALYSIS OF ENTREPRENEURSHIP AND EMPLOYMENT PRACTICES FOR NEET YOUTH IN SAMSUN WITHIN THE FRAMEWORK OF LOCAL DEVELOPMENT POLICIES	550
Hakan ZENGİN	SEMA CEREMONIES AND THEIR STRUCTURES AT THE ELAZIĞ CEM HOUSE	563
Hakan ZENGİN **Hayri Akbudak**	A STUDY ON THE ARRANGEMENT AND PERFORMANCE OF TURKISH FOLK MUSIC MELODIES ADAPTED FOR CLASSICAL GUITAR	576

Sümeyye YARDIMCI	PUBLIC VISIBILITY AND THE TRANSFORMATION OF WOMEN'S MUSICIAN IDENTITY FROM THE OTTOMAN EMPIRE TO THE REPUBLIC	587
Nodar Sulashvili **Gocha Chankseliani** **Lali Patsia**	COMPREHENSIVE SCIENTIFIC EVALUATION OF THE PRINCIPAL CLINICAL, DIAGNOSTIC, AND THERAPEUTIC DIMENSIONS OF ENDOVASCULAR INTERVENTIONAL MANAGEMENT IN GASTROINTESTINAL AND DUODENAL ULCER HEMORRHAGE: A CONCISE CASE-BASED ANALYTICAL REPORT	599
Ali Soleimanzadeh **Romina Safari** **Hamidreza Ebrahimi** **Donya Ganji Motlagh**	APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY AND LIPOSOMES FOR ENHANCING SPERM QUALITY AND CRYOPRESERVATION IN RUMINANTS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF STUDIES	631
Moses Adeolu AGOI **Victor Oluwapelumi OGONGO** **Olajuwon Victor OLAYINKA** **Samuel Olayiwola AJAGA**	ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES AND PERSONALIZED EDUCATION FOR CHILDREN IN THE DIGITAL AGE	645
Anga, Peter Inalegwu	DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA	659
Hoang Le Buu	ENVIRONMENTAL LIABILITY IN THE RISK SOCIETY: THEORETICAL ISSUES AND IMPLICATIONS FOR VIETNAMESE LAW	663
Suresh Kumar	NANOMATERIALS FOR ENVIRONMENTAL REMEDIATION: CONCEPT AND CASE STUDIES	675
N. Saidu **J. H. Tsado** **A. Abdullahi**	EFFECTS OF PARTICIPATION IN ALTERNATIVE EXTENSION APPROACHES ON SMALLHOLDER RICE FARMERS' OUTPUT IN NIGER STATE, NIGERIA	681
Coffi Joël ACCALOGOUN **Sènakpon Socrate Sosthène TOBADA** **Codjo Désiré WEKEGOGO**	INFORMATION, AWARENESS-RAISING, AND HOUSEHOLD WASTE MANAGEMENT IN THE HOTEL DISTRICTS OF CONAKRY, GUINEA	693
SALIU, M.R. **Kure Isah Danjuma**	INFRASTRUCTURE, POLICY AND ECOSYSTEM DETERMINANTS OF AI ADOPTION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	717
Huynh Khai Minh **Le Thi Kim Ngoan** **Do Van Tien**	GLOBAL RESEARCH TRENDS AND EMPIRICAL REALITIES OF INTERNATIONAL VISITOR SATISFACTION IN COMMUNITY-BASED ECOTOURISM: A CASE OF THOI SON ISLET, VIETNAM	712
Daniel Marcel Aiyebelehin, Emoshoriamhe Ruth	CASHLESS POLICY AND ECONOMIC GROWTH OF NIGERIA: A REVIEW OF EMPIRICAL STUDIES	723
Volodymyr HOLOTA **Olena SIERIKOVA** **Elena STRELNIKOVA** **Kyryl DEGTYARIOV**	PROBLEMS OF HAZARDOUS LIQUIDS TRANSPORTING IN TANKS OVER ROUGH ROADS	727
Mónika Fekete **Andrea Lehoczki** **Ágnes Szappanos** **Vince Fazekas-Pongor**	POLYPHENOLS AND RESISTANCE TRAINING IN HEALTHY AGING: A GEROSCIENCE-BASED SYNERGISTIC APPROACH TO BRAIN AND MUSCLE HEALTH	730
Erdoğan KORKMAZ **Duygu ALP BALTAKESMEZ** **Samet MISIR**	THE EFFECT OF REPLACING ONION JUICE WITH CANCUR FRUIT IN CAUCASIAN MARINADE ON THE SENSORY PROPERTIES OF MEAT	739
Fatma KAYA **Samet MISIR**	THE GASTRONOMIC IDENTITY OF ADANA CUISINE: AN EVALUATION FROM THE PERSPECTIVE OF LOCAL CULINARY CULTURE, GEOGRAPHICAL INDICATIONS AND GASTRONOMY TOURISM	748

KAMBİYO SENETLERİNDE AVALİN HUKUKİ NİTELİĞİ: BAĞIMSIZLIK–FER'İLİK İKİLEMİNİ AŞAN SUİ GENERİS BİR TAAHHÜT

Hasan CAN

Öğr. Gör. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, ORCID: 0000-0002-2455-9410

Özet

Kambiyo senetleri, ticari hayatın vazgeçilmez unsurları olarak, ekonomik ilişkilerin güvenli ve hızlı şekilde gerçekleşmesini sağlayan, devredilebilirlik özelliğine sahip ve sıkı şekil şartlarına tabi temel finansal araçlardır. Bu senetlerin işlevselliğini ve piyasa içindeki dolaşım kabiliyetini güçlendiren başlıca mekanizmalardan biri, kambiyo hukukuna özgü bir teminat kurumu olan avaldir.

Bununla birlikte, avalin hukuki niteliği hem doktrinde hem de uygulamada uzun süredir tartışmalı bir alan olarak varlığını sürdürmektedir. Tartışmaların odağında, avalin klasik anlamda fer'î bir teminat mı yoksa bağımsız bir kambiyo taahhüdü mü olduğu sorunu yer almaktadır. Ancak bu ikili yaklaşımın, kurumun hukuki yapısını açıklamakta her zaman yeterli olmadığı görülmektedir. Nitekim aval, belirli bir borçlu lehine verilmesi ve teminat işlevi görmesi nedeniyle ilk bakışta fer'î bir nitelik izlenimi uyandırmaktadır. Buna karşılık, kambiyo senetlerine özgü mücerretlik ve imzaların bağımsızlığı ilkeleri çerçevesinde değerlendirildiğinde, avalin asıl borçtan bağımsız bir yükümlülük doğurduğu anlaşılmaktadır.

Kambiyo senetlerine hâkim olan mücerretlik ilkesi, kıymetli evrakın doğumuna neden olan hukuki olgu veya temel borç ilişkisinden bağımsız bir varlık ve geçerlilik taşıdığını, bu nedenle temel ilişkideki sakatlıkların kural olarak senedin geçerliliğini etkilemediğini ifade etmektedir. Bu çerçevede avalin hukuki niteliği, bağımsızlık ve fer'ilik ekseninde ileri sürülen yaklaşımlar bakımından ancak belirli yönleriyle açıklanabilmekte, bu niteliğin açıklanmasında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle avalin bu iki kategoriden biri olarak değerlendirilmesi yerine, kambiyo hukukuna özgü yapısal ilkeler ve ekonomik işlevi birlikte dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, kambiyo senetlerinde avalin hukuki yapısının sui generis bir kambiyo taahhüdü olarak nitelendirilmesi en isabetli yaklaşım olarak kabul edilmelidir. Bu yaklaşım, avalin hem bağımsızlık hem de teminat fonksiyonunu bünyesinde barındıran karma yapısını en doğru şekilde yansıtmaktadır. Bu nitelendirme, uygulamada avalistin sorumluluğunun kapsamı, ileri sürülebilecek def'iler ve kambiyo senetlerinin tedavül güvenliği bakımından daha tutarlı ve öngörülebilir sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle avalin değerlendirilmesinde, klasik borçlar hukuku kategorilerinden ziyade kambiyo hukukuna özgü sistematik ve fonksiyonel yaklaşımın esas alınması gerektiği kabul edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Aval, Kambiyo Senedi, Kefalet Sözleşmesi, Mücerretlik İlkesi, Bağımsızlık–Fer'ilik İkilemi

THE LEGAL NATURE OF THE GUARANTEE İN BILLS OF EXCHANGE: A SUI GENERIS OBLIGATION TRANSCENDING THE DILEMMA OF INDEPENDENCE VERSUS ACCESSORY NATURE

Abstract

As indispensable elements of commercial life, bills of exchange are fundamental financial instruments that facilitate the secure and swift conduct of economic transactions; they are transferable and subject to strict formal requirements. One of the primary mechanisms that enhances the functionality and market liquidity of these instruments is the aval, a security mechanism specific to the law of bills of exchange.

However, the legal nature of the aval has long remained a contentious area both in doctrine and in practice. At the heart of these debates lies the question of whether the aval is, in the classical sense, an accessory security or an independent bill of exchange undertaking. Yet, it is evident that this binary approach is not always sufficient to explain the legal structure of the institution. Indeed, as it is issued in favour of a specific debtor and serves a guarantee function, the aval initially gives the impression of being of an accessory nature. Conversely, when assessed within the framework of the principles of abstractness and the independence of signatures specific to negotiable instruments, it is understood that the aval gives rise to an obligation independent of the principal debt.

The principle of abstractness governing bills of exchange holds that such instruments possess an existence and validity independent of the legal event or underlying debt relationship that gave rise to them; consequently, defects in the underlying relationship do not, as a rule, affect the validity of the bill. Within this framework, the legal nature of the aval can only be explained in certain respects in terms of the approaches put forward on the axes of independence and accessory nature; these approaches fall short in explaining this nature. Therefore, rather than classifying the aval as falling into one of these two categories, the structural principles specific to bill of exchange law and its economic function must be considered together.

Consequently, characterising the legal structure of the aval in negotiable instruments as a sui generis negotiable instrument obligation should be accepted as the most appropriate approach. This approach most accurately reflects the hybrid nature of the aval, which encompasses both independence and a guarantee function. This characterisation yields more consistent and predictable outcomes in practice regarding the scope of the avalist's liability, the defences that may be raised, and the security of the circulation of bills of exchange. Therefore, it must be accepted that, in the assessment of the aval, a systematic and functional approach specific to the law of bills of exchange should be adopted rather than relying on the categories of classical contract law.

Keywords: Aval, Bill of Exchange, Contract of Bailment, Principle of Abstraction, Independence–Accessory Dichotomy

YENİ GİRİŞİMLERDE BAŞARISIZLIK DİNAMİKLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN İNCELENMESİ

Ramazan COŞKUN

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Burdur, Türkiye,
ORCID: 0009-0003-3453-2718

ÖZET

Girişimcilik, ekonomik büyümenin desteklenmesi, yenilikçi fikirlerin ortaya çıkması ve istihdam olanaklarının artırılması bakımından çağdaş ekonomilerin temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda girişimcilik ekosisteminin gelişmesiyle birlikte yeni kurulan işletmelerin sayısında önemli bir artış yaşanmıştır. Bununla birlikte girişimlerin önemli bir bölümü, kuruluşlarının ilk yıllarında karşılaştıkları finansal yetersizlikler, yönetimsel eksiklikler, yoğun rekabet ortamı ve değişen tüketici beklentilerine uyum sağlayamama gibi nedenlerle faaliyetlerini sürdürememektedir. Özellikle erken dönem girişimlerde görülen bu kırılgan yapı, girişimciliğin yalnızca işletme kurma süreciyle değil, işletmelerin uzun vadeli devamlılığını sağlayan sürdürülebilirlik anlayışıyla birlikte ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verileri de işletmelerin hayatta kalma oranlarının ilk yıllarda belirgin şekilde düştüğünü ortaya koyarak yeni girişimlerin sürdürülebilirlik açısından önemli riskler taşıdığını göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, yeni girişimlerde başarısızlık dinamiklerini sürdürülebilirlik perspektifinden kavramsal olarak incelemektir. Literatür taramasına dayalı olarak hazırlanan çalışmada girişimcilik başarısızlığı; stratejik yönetim, örgütsel öğrenme, insan sermayesi ve sürdürülebilir işletme yönetimi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda girişim başarısızlığının tek bir nedene bağlı olmadığı; finansal kırılganlık, deneyim eksikliği, plansız büyüme, kurumsallaşamama, kaynakların etkin kullanılamaması ve değişen piyasa koşullarına uyum sağlayamama gibi birçok unsurun birlikte etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sürdürülebilir girişim yapısının yalnızca sermaye gücüne değil; stratejik planlama becerisine, yeniliklere uyum sağlayabilme kapasitesine ve uzun vadeli değer üretme anlayışına bağlı olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Girişimcilik, sürdürülebilirlik, girişim başarısızlığı, yeni girişimler, stratejik yönetim.

AN EXAMINATION OF FAILURE DYNAMICS IN STARTUPS FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE

ABSTRACT

Entrepreneurship is regarded as one of the fundamental components of contemporary economies in terms of supporting economic growth, fostering innovative ideas and increasing employment opportunities. In recent years, significant growth has been observed in the number of newly established businesses with the development of the entrepreneurial ecosystem. Nevertheless, a considerable proportion of these ventures fail to sustain their operations during the early years due to financial insufficiencies, managerial shortcomings, intense market competition and the inability to adapt to changing consumer expectations. This fragile structure, particularly evident in early-stage ventures, demonstrates that entrepreneurship should be evaluated not only as a process of establishing a business, but also within the framework of sustainability that ensures the long-term continuity of enterprises. Data published by the Turkish Statistical Institute also reveal that business survival rates decline significantly during the first years, indicating that new ventures face substantial sustainability-related risks.

The aim of this study is to conceptually examine the failure dynamics of start-up from a sustainability perspective. Based on a literature review, the study evaluates entrepreneurial failure within the

framework of strategic management, organizational learning, human capital and sustainable business management. The findings indicate that entrepreneurial failure cannot be attributed to a single factor; rather, financial fragility, lack of experience, uncontrolled growth, weak institutionalization, inefficient resource utilization and inability to adapt to changing market conditions collectively contribute to business failure. Furthermore, the study concludes that a sustainable entrepreneurial structure depends not only on financial capital, but also on strategic planning capability, adaptability to innovation and a long-term value creation perspective.

Keywords: Entrepreneurship, sustainability, entrepreneurial failure, start-up, strategic management.

NON-SPESİFİK BOYUN AĞRISI OLAN OFİS ÇALIŞANLARINDA ÇEVRİM İÇİ TEMELLİ TELEREHABİLİTASYON İLE EĞİTİM MATERYALİ DESTEKLİ EGZERSİZ UYGULAMALARININ AĞRI VE UYKU KALİTESİNE ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yusuf SÜVE*

Fizyoterapist,Bezmialem Vakıf Üniversitesi,Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID:0009-0009-2554-1982

Alis KOSTANOGLU

Doç.Dr., Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID:0000-0002-6912-9836

GÖKHAN CAN TÖRPÜ

Ar.Gör., Haliç Üniversitesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID:0009-0004-5400-272X

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, non-spesifik boyun ağrısına sahip ofis çalışanlarında çevrim içi temelli telerehabilitasyon ile eğitim materyali (broşür) destekli egzersiz uygulamalarının ağrı şiddeti, uyku kalitesi, kinezyofobi, boyun fonksiyonelliği ve yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya non-spesifik boyun ağrısı şikâyeti bulunan 40 ofis çalışanı dahil edildi ve çalışma grubu (n=20) ile kontrol grubu (n=20) olmak üzere iki gruba ayrıldı. Ağrı şiddeti Sayısal Derecelendirme Ölçeği (Numeric Pain Rating Scale, NPRS), kinezyofobi Tampa Kinezyofobi Ölçeği, uyku kalitesi Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ), boyun fonksiyonelliği Boyun Özürlülük İndeksi (NDI) ve yaşam kalitesi Short Form-36 Health Survey (SF-36) ile değerlendirildi. Çalışma grubuna çevrim içi telerehabilitasyon eşliğinde postüral egzersiz programı uygulanırken, kontrol grubuna eğitim materyali (broşür) destekli ev egzersiz programı verildi. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 26.0 kullanılarak gerçekleştirildi ve anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular: Her iki grupta da tedavi sonrası grup içi anlamlı iyileşmeler gözlendi. Ancak gruplar arası karşılaştırmalarda çalışma grubunda ağrı şiddeti ($p<0,001$), uyku kalitesi ($p<0,001$), boyun özürlülüğü ($p<0,001$) ve kinezyofobi ($p=0,027$) açısından kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha fazla iyileşme saptandı. Yaşam kalitesi değerlendirmesinde Short Form-36 Health Survey (SF-36) fiziksel rol kısıtlılığı ($p=0,001$), ağrı ($p<0,001$) ve genel sağlık algısı ($p=0,001$) alt boyutlarında çalışma grubu lehine anlamlı fark bulundu.

Sonuçlar: Çevrim içi temelli telerehabilitasyon uygulamalarının, non-spesifik boyun ağrısına sahip ofis çalışanlarında ağrının azaltılması, uyku kalitesinin iyileştirilmesi, kinezyofobinin azaltılması, boyun fonksiyonelliğinin geliştirilmesi ve yaşam kalitesinin artırılmasında etkili ve uygulanabilir bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Non-spesifik boyun ağrısı, telerehabilitasyon, ofis çalışanları, kinezyofobi, uyku kalitesi, yaşam kalitesi

COMPARISON OF THE EFFECTS OF ONLINE-BASED TELEREHABILITATION AND EDUCATIONAL MATERIAL SUPPORTED EXERCISE APPLICATIONS ON PAIN, SLEEP QUALITY, KINESIOPHOBIA, AND QUALITY OF LIFE IN OFFICE WORKERS WITH NON-SPECIFIC NECK PAIN

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to compare the effects of online-based telerehabilitation and educational material (brochure)-supported exercise applications on pain intensity, sleep quality, kinesiophobia, neck functionality, and quality of life in office workers with non-specific neck pain.

Methods: Forty office workers with non-specific neck pain were included and allocated into a study group (n=20) and a control group (n=20). Pain intensity was assessed using the Numeric Pain Rating Scale (NPRS), kinesiophobia using the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK), sleep quality using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), neck disability using the Neck Disability Index (NDI), and quality of life using the Short Form-36 Health Survey (SF-36). The study group received an online telerehabilitation-based postural exercise program, while the control group received a home exercise program supported by educational material (brochure). Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 26.0, with $p<0.05$ accepted as statistically significant.

Results: Significant within-group improvements were observed in both groups after treatment. However, between-group comparisons demonstrated significantly greater improvements in the study group regarding pain intensity ($p<0.001$), sleep quality ($p<0.001$), neck disability ($p<0.001$), and kinesiophobia ($p=0.027$). In the quality-of-life evaluation, significant differences in favor of the study group were observed in the Short Form-36 Health Survey (SF-36) physical role limitation ($p=0.001$), bodily pain ($p<0.001$), and general health perception ($p=0.001$) subdomains.

Conclusion: Online-based telerehabilitation appears to be an effective and practical approach for reducing pain, improving sleep quality, decreasing kinesiophobia, enhancing neck functionality, and improving quality of life in office workers with non-specific neck pain.

Keywords: Non-specific neck pain, telerehabilitation, office workers, kinesiophobia, sleep quality, quality of life

PARKİNSON HASTALIĞINDA OKSİDATİF STRES ROLÜNÜN TRANSKRİPTOMİK ANALİZLERLE İNCELENMESİ VE HESAPLAMALI İLAÇ KEŞFİ YAKLAŞIMLARIYLA POTANSİYEL İNHİBİTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Buse Nur MADEN[1]

[1]Yüksek Lisans Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik, İstanbul, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-1771-7854

Rabia ÇAKIR [2]

[2] Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik Böl., İstanbul, Türkiye. ORCID ID: https://orcid.org/0 000-0002-8545-9878

Saliha Ece ACUNER[3,4]

[3] Doç Dr., İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyomühendislik Böl., İstanbul, Türkiye.

[4] İstanbul Medeniyet Üniversitesi Bilim ve İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BILTAM), İstanbul, Türkiye.

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0336-0645

ÖZET

Giriş: Parkinson hastalığı (PH), substantia nigra'daki dopaminerjik nöron kaybı ile karakterize ilerleyen bir nörodejeneratif hastalık olup dünya genelinde milyonlarca insanı etkilemektedir. Hastalık patogenezinde oksidatif stres, nöroinflamasyon, proteostaz bozukluğu ve mitokondriyal disfonksiyon önemli rol oynamaktadır. Artan reaktif oksijen türleri (ROS), nöronal hasarı artırarak hastalığın ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Günümüzde uygulanan tedaviler çoğunlukla semptom kontrolüne yönelik olup altta yatan moleküler mekanizmaları doğrudan hedeflememektedir. Bu nedenle oksidatif stres ile ilişkili süreçlerin incelenmesi ve yeni terapötik hedeflerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Parkinson hastalığı ile oksidatif stres arasındaki ilişkinin hesaplamalı yöntemlerle moleküler düzeyde incelenmesi ve hastalıkta önemli hedeflere yönelik potansiyel inhibitör adaylarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Transkriptomik analiz için GEO veri tabanından PD ve oksidatif stres ile ilişkili GSE160299 ve GSE151808 veri setleri kullanılmıştır. GSE160299 insan plazması transkriptom verilerini, GSE151808 ise MPP+ ile oksidatif stres oluşturulmuş SH-SY5Y dopaminerjik insan nöroblastoma hücrelerine ait RNA mikrodizi verilerini içermektedir. Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü (VEGF-A), her iki veri setinde de yukarı regüle olması ve oksidatif stres kaynaklı hücresel hasarda rol oynayabileceğinin düşünülmesi nedeniyle ilaç hedefi protein olarak seçilmiştir. VEGF-A'yı hedefleyen referans ilaçlar Carvedilol ve Gliclazide kullanılarak, KNIME platformunda yapısal benzerlik temelli sanal tarama gerçekleştirilmiştir. Elde edilen aday bileşikler Autodock Vina ile VEGF-A'ya karşı moleküler kenetlenme analizine tabi tutulmuş ve uygun ilaç adayları belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma: Analizler sonucunda VEGFA, SLC1A4, CYTB, ND3, ND5 ve COX2 ortak diferansiyel eksprese genler olarak belirlenmiş ve VEGF-A ekspresyonunun her iki veri setinde anlamlı şekilde arttığı saptanmıştır. Bu artışın oksidatif stres ve nöronal hasarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Sanal tarama sonucunda pozitif kontrol olarak kullanılan ilaçlardan sırasıyla 1609 ve 1336 aday molekül elde edilmiştir. Moleküler kenetlenme analizlerinde ZINC000015048423 ve ZINC000032623261 kodlu bileşiklerin VEGF-A'ya yüksek bağlanma afinitesi ve kararlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, VEGF-A hedefli inhibitörlerin Parkinson hastalığında oksidatif stres kaynaklı nöronal hasarın azaltılmasında potansiyel rol oynayabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Parkinson Hastalığı, Oksidatif Stres, Sanal Tarama, Kenetlenme

INVESTIGATION OF THE ROLE OF OXIDATIVE STRESS IN PARKINSON'S DISEASE USING TRANSCRIPTOMIC ANALYSES AND IDENTIFICATION OF POTENTIAL INHIBITORS THROUGH COMPUTATIONAL DRUG DISCOVERY APPROACHES

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease (PD) is a progressive neurodegenerative disorder characterized by the loss of dopaminergic neurons in the substantia nigra, affecting millions worldwide. Oxidative stress, neuroinflammation, proteostasis impairment, and mitochondrial dysfunction play key roles in its pathogenesis. Increased reactive oxygen species (ROS) contribute to neuronal damage and disease progression. Current therapies mainly provide symptomatic relief without targeting underlying molecular mechanisms. Therefore, investigating oxidative stress–related pathways and identifying novel therapeutic targets is essential. This study aims to explore the molecular relationship between Parkinson's disease and oxidative stress using computational approaches and to identify potential inhibitory drug candidates targeting key proteins.

Methods: Transcriptomic datasets GSE160299 and GSE151808 were obtained from the GEO database. GSE160299 includes human plasma transcriptomic data, while GSE151808 contains RNA microarray data from SH-SY5Y dopaminergic neuroblastoma cells treated with MPP+ to induce oxidative stress. Vascular Endothelial Growth Factor A (VEGF-A) was selected as a drug target due to its upregulation in both datasets and its potential role in oxidative stress–induced neuronal damage. Structure-based virtual screening was performed using the KNIME platform with Carvedilol and Gliclazide as reference compounds. Selected candidates were further analyzed via molecular docking against VEGF-A using AutoDock Vina.

Results and Discussion: Differential expression analysis identified VEGFA, SLC1A4, CYTB, ND3, ND5, and COX2 as common genes, with significant upregulation of VEGFA in both datasets. This suggests a potential link between VEGF-A and oxidative stress–mediated neurodegeneration. Virtual screening yielded 1609 and 1336 candidate molecules based on the reference drugs. Molecular docking results showed that ZINC000015048423 and ZINC000032623261 exhibited strong binding affinity and stable interactions with VEGF-A. These findings indicate that VEGF-A–targeting inhibitors may represent promising therapeutic candidates for mitigating oxidative stress–related neuronal damage in Parkinson's disease.

Keywords: Parkinson's Disease, Oxidative Stress, Virtual Screening, Docking

AN EVALUATİON OF THE STEAM PLATFORM DEVELOPED FOR MİDDLE SCHOOL STUDENTS AND SCİENCE TEACHERS, BASED ON THE EXPERİENCES OF MİDDLE SCHOOL STUDENTS

Selin YILDIZ[1]

Assist. Prof. Dr,Fırat University, Faculty of Education, Department of Science Education, Elazığ-Türkiye (Responsible Author) ORCID: 0000-0001-8134-0864

Gonca KEÇECİ

Professor, Fırat University, Faculty of Education, Department of Science Education, Elazığ-Türkiye ORCID: 0000-0002-2582-3850

Abstract

The aim of this research is to evaluate the STEAM education platform developed for middle school students and science teachers, based on the experiences of middle school students. The research used a qualitative research method. The research was conducted using a case study, a type of qualitative research design. The main study group consisted of 10 science teachers and 50 middle school students. In this research, the opinions of 50 middle school students were given. As part of the research, 5 volunteer science teachers introduced the STEAM platform in their classrooms and implemented STEAM activities. Within this framework, students were given the opportunity to become familiar with the educational platform, examine it, and implement STEAM activities in their classrooms. The opinions of middle school students who experienced the educational platform were collected. In the research, the opinions of middle school students were collected through semi-structured interviews. Data collected from middle school students were analyzed using content analysis. The analysis revealed that many middle school students stated that this was their first time encountering a STEAM educational platform and that the platform had a user-friendly interface. Furthermore, they stated that they found the activities on the platform to be educational, fun, and engaging. The students stated that they would use the platform after school and wanted to upload their activities to the site. Students stated that they gained knowledge and developed creativity, collaboration, communication, and problem-solving skills by using the activities on the platform. Students stated that for the platform to be further developed, it should cover all subjects, not just science. They also suggested that the platform shouldn't be limited to middle school students but should encompass all grade levels. Based on these findings, it's recommended that future projects develop platforms covering all grade levels, from kindergarten to university.

Keywords: Education Platform, Middle School Students, Student Opinions

"This research was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under the 2218-Domestic Postdoctoral Research Fellowship Program."

ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNE VE FEN BİLGİSİ ÖĞRETMENLERİNE YÖNELİK OLARAK GELİŞTİRİLEN STEAM PLATFORMUNUN ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN DENEYİMLERİ ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRMESİ

Özet

Bu araştırmanın amacı ortaokul öğrencilerine ve fen bilgisi öğretmenlerine yönelik geliştirilen STEAM eğitim platformunun ortaokul öğrencilerinin deneyimleri çerçevesinde değerlendirmesidir. Araştırma kapsamında nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırma nitel araştırma desenlerinden durum çalışması çerçevesinde yürütülmüştür. Araştırmanın ana çalışma grubunu 10 fen bilgisi öğretmeni ve 50 ortaokul öğrencisi oluşturmaktadır. Bu çalışmada 50 ortaokul öğrencinin görüşlerine yer verilmektedir.

Araştırma kapsamında gönüllü beş fen bilgisi öğretmeni sınıflarında STEAM platformunu tanıtarak STEAM etkinliklerini sınıflarında uygulamışlardır. Bu kapsamda öğrencilerin eğitim platformu ile tanışmaları, inceleme yapmaları ve STEAM etkinliklerini sınıflarında uygulamaları sağlanmıştır. Eğitim platformunu deneyimleyen ortaokul öğrencilerinin görüşlerine başvurulmuştur. Araştırmada ortaokul öğrencilerinin görüşleri yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilerek toplanmıştır. Ortaokul öğrencilerinden toplanan veriler içerik analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda birçok ortaokul öğrencisi bir STEAM eğitim platformu ilk defa tanıştıklarını ve platformun kolay bir ara yüze sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca, platformdaki etkinlikleri; öğretici, eğlenceli, ilgi çekici bulduklarını belirtmişlerdir. Platformu okul sonrasında kullanacaklarını ve yaptıkları etkinlikleri siteye yüklemek istediklerini dile getirmişlerdir. Platformdaki etkinlikleri kullandıklarında bilgi edindiklerini, yaratıcılık, işbirliği, iletişim, problem çözme becerisi kazandıklarını belirtmişlerdir. Öğrenciler, platformun geliştirilmesi için platformun sadece fen bilimlerini değil tüm dersleri kapsaması gerektiğini dile getirmişlerdir. Ayrıca platformun sadece ortaokul öğrencilerine yönelik olmamasına tüm sınıf seviyelerini kapsaması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak gelecek çalışmalarda anasınıflarından üniversiteye tüm sınıf seviyelerini kapsayacak platformlar geliştirmeleri önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: STEAM Eğitim Platformu, Ortaokul Öğrencileri, Öğrenci görüşleri

"Bu araştırma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından 2218-Yurt İçi Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında desteklenmiştir."

AİLE KAVRAMININ YENİDEN İNŞASI: TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ VE 2024 SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİM PROGRAMI

Nejdet ÇELİK[1]

[1]Öğretim Görevlisi Dr., İzmir Bakırçay Üniversitesi, Rektörlük - Sürekli Eğitim Merkezi, İzmir, Türkiye. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2740-609X

ÖZET

Bu araştırma, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni (TYMMÖPOM) ile 2024 Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda (SBDÖP) "aile" kavramının nasıl tanımlandığını, hangi kavramsal bileşenlerle ele alındığını ve hangi öğrenme kanıtlarıyla somutlaştırıldığını doküman analizi yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen verilerin çözümlenmesinde, bir yandan kavramın kullanım yoğunluğunu belirlemek amacıyla betimsel analizden faydalanılmış, bir yandan da anlamsal ve tematik örüntüleri ortaya çıkarmak amacıyla tümevarımcı bir yaklaşımla içerik analizinden yararlanılmıştır. Bulgular, aile kavramının her iki metinde de çok katmanlı bir yapıda kurgulandığını göstermektedir. TYMMÖPOM'de aile, Erdem-Değer-Eylem (EDE) çerçevesinde makro düzeyde bir toplumsal ideal olan "Huzurlu Aile ve Toplum" vizyonu doğrultusunda bir "değer" olarak kurgulanmıştır. Bu bağlamda metinde yer alan aile bütünlüğü, mahremiyet, saygı, sevgi ve yardımseverlik gibi değerler birlikte ele alınmıştır. Bu değerlerin iletişim, dayanışma, istişare ve sorumluluk eksenlerinde somut eylemlere dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. SBDÖP'de ise aile kavramının sarmal bir yaklaşımla çoklu pedagojik işlevler üstlendiği anlaşılmıştır. Özellikle toplumsal birlik, ortak miras, acil durum planlaması, ekonomik sorumluluk ve demokratik katılım olmak üzere aile kavramının beş farklı katman düzeyinde işlendiği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, her iki programda da aile kavramının öğretimsel süreçlere dâhil edilmesinde bireysel sınırların ve mahremiyet ilkesinin de gözetildiği belirlenmiştir. Ayrıca her iki metinde de aile kavramı hem olumlu hem de uyumlu bir çerçevede sunulmaktadır. Bu durum programın farklı aile yapılarını ve aile içi çatışma boyutlarını kapsamadığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bu çalışmada, yeni eğitim modelinde ve sosyal bilgiler öğretim programında aile kavramının salt bir aidiyet ilişkisi olmanın ötesinde, iletişim, dayanışma, istişare ve sorumluluk bileşenlerinden oluşan bütüncül bir yapı olduğu belirlenmiştir. Bu da her iki metnin aile kavramını yeniden inşa ettiğini ortaya koyması bakımından çalışmaya özgün bir değer katmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, 2024 Sosyal Bilgiler Öğretim Programı, Aile Kavramı, Değerler Eğitimi.

RECONSTRUCTING THE CONCEPT OF FAMILY: THE TURKEY CENTURY EDUCATION MODEL AND THE 2024 SOCIAL STUDIES CURRICULUM

ABSTRACT

This study aims to examine, through document analysis, how the concept of "family" is defined, which conceptual components it is addressed through, and which learning outcomes it is concretized by in the Turkey Century Education Model Curriculum Framework (TYMMÖPOM) and the 2024 Social Studies Curriculum (SBDÖP). In analyzing the data, descriptive analysis was used to determine the frequency of the concept's usage, while content analysis employing an inductive approach was utilized to identify semantic and thematic patterns. The findings indicate that the concept of family is constructed as a multi-layered structure in both texts. In TYMMÖPOM, the family is conceptualized as a "value" within the Virtue-Value-Action (VVA) framework, aligned with the macro-level social ideal of "Peaceful Family and Society." In this context, values such as family unity, privacy, respect, love, and generosity are addressed collectively. The aim is to translate these values into concrete actions centered on communication, solidarity, consultation, and responsibility. In the SBDÖP, it is understood that the

concept of the family assumes multiple pedagogical functions through a spiral approach. In particular, it has been determined that the concept of the family is addressed at five distinct levels: social unity, shared heritage, emergency planning, economic responsibility, and democratic participation. Based on the findings, it was determined that in both curricula, individual boundaries and the principle of privacy were respected when incorporating the concept of family into instructional processes. Furthermore, in both texts, the concept of family is presented within a positive and harmonious framework. This indicates that the curriculum does not address diverse family structures or the dimensions of intra-family conflict. In conclusion, this study has determined that in the new educational model and the social studies curriculum, the concept of family is a holistic structure comprising components of communication, solidarity, consultation, and responsibility, going beyond a mere relationship of belonging. This adds unique value to the study by demonstrating that both texts reconstruct the concept of family.

Keywords: The Turkey Century Education Model, the 2024 Social Studies Curriculum, the Concept of Family, Values Education.

İLK OKUMA VE YAZMA ÖĞRETİMİNDE KULLANILAN ÇÖZÜMLEME YÖNTEMİNE İLİŞKİN ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Esra KARABACAK [1]

[1] Prof. Dr., Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, KKTC., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6096-1677

Selma KORKMAZ [2]

[2] Yrd. Doç. Dr., KKTC Milli Eğitim Bakanlığı, Genel Ortaöğretim Dairesi, KKTC., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2395-9751

Pembe Eminsel ÇETİN [3]

[3] Uzm., KKTC Milli Eğitim Bakanlığı, Genel Ortaöğretim Dairesi, KKTC.

ÖZET

İlk okuma ve yazma öğretimi esnasında geçmişten günümüze gelinceye kadar birçok yöntem kullanılmıştır. İlk okuma-yazma öğretiminde, Türkiye'de 1968 'İlkokul Programı' kısa cümleler ile başlanması gerektiğini öngörüyorsa da 1981-2005 yılları arasında çözümleme yöntemi kullanılmış, 2005'ten itibaren ses temelli cümle yöntemi tercih edilmiştir. Kuzey Kıbrıs'ta ise uzun yıllardır çözümleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı; ilkokullarda çalışan birinci sınıf öğretmenlerinin, ilk okuma ve yazma öğretiminde kullanılan çözümleme yöntemi hakkındaki görüşlerini tespit etmektir. Araştırmanın çalışma grubunu, 2025–2026 öğretim yılında KKTC Milli Eğitim Bakanlığına bağlı Aydınköy İlkokulu, 9 Eylül İlkokulu, 23 Nisan İlkokulu, Alasya İlkokulu, Alayköy İlkokulu, Şehit Ertuğrul İlkokulu, Gönyeli İlkokulu, Serhatköy İlkokulu, Lefke İstiklal İlkokulu ve Dikmen İlkokulunda birinci sınıf öğretmeni olarak görev yapan 80 öğretmen oluşturmaktadır. Araştırmaya katılan öğretmenlerin seçimi esnasında da ilkokul birinci sınıfta en az 5 yıldır öğretmenlik yapan ve ilk okuma-yazma öğretimini gerçekleştiren öğretmenler tercih edilmiştir. Araştırma verilerinin toplanması amacıyla da araştırmacılar tarafından hazırlanan bir anket kullanılmıştır. Verilerin analizinde ise, nicel araştırma tekniklerinden olan frekans ve yüzdeden yararlanılmıştır. Araştırma sonucunda öğretmenlerin çoğu, ilk okuma ve yazma öğretiminde kullanılan çözümleme yöntemiyle öğrencilerin zorlandığını ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra ilk okuma ve yazma öğretiminde kullanılan kitapların çözümleme yöntemine uygun hazırlandığını ve öğretmenler her ne kadar bu kitabı yararlı bulsalar da öğrencilerin ilk okuma-yazma öğreniminde zorlanmalarını daha çok yönteme bağladıkları ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: İlk okuma-yazma, çözümleme yöntemi, Türkçe, anadili, kitap.

EVALUATION OF TEACHERS' OPINIONS ON THE ANALYTICAL METHOD USED IN PRIMARY READING AND WRITING INSTRUCTION

ABSTRACT

Several methods have been used in primary reading and writing instruction from the past to the present. The 1968 "Elementary School Program" in Turkiye required that primary reading and writing instruction should start with short sentences; however, the analytical method was employed between 1981 and 2005, and sound-based sentence method has been preferred since 2005. In Northern Cyprus, on the other hand, analytical method has been used for many years. The purpose of this study is to identify the views of first grade teachers employed at elementary schools on the analytical method used in primary reading and writing instruction. The study group of the research consists of 80 first grade teachers employed at Aydınköy Elementary School, 9 Eylül Elementary School, 23 Nisan Elementary School, Alasya Elementary School, Alayköy Elementary School, Şehit Ertuğrul Elementary School,

Gönyeli Elementary School, Serhatköy Elementary School, Lefke İstiklal Elementary School and Dikmen Elementary School affiliated with the TRNC Ministry of National Education in the 2025-2026 academic year. During the selection process among teachers, those who had been teaching at first grade for at least five years and those who performed primary reading-writing instruction were preferred. A questionnaire prepared by the researchers was used to collect the research data. The data analysis employed frequency and percentage, which are quantitative research techniques. At the end of the study, most teachers stated that students had difficulty with the analytical method used in primary reading and writing instruction. In addition, it was also found out that the textbooks used in primary reading and writing instruction were prepared in accordance with the analytical method and, although they find these books useful, students attribute their difficulties in learning primary reading and writing mostly to the method used.

Keywords: Primary reading-writing, analytical method, Turkish, native language, book.

İLKOKUL ÖĞRETMENLERİNİN GÖRSEL OKUMA BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Pembe Eminsel ÇETİN [1]

[1] Uzm., KKTC Milli Eğitim Bakanlığı, Genel Ortaöğretim Dairesi, KKTC.

Selma KORKMAZ [2]

[2] Yrd. Doç. Dr., KKTC Milli Eğitim Bakanlığı, Genel Ortaöğretim Dairesi, KKTC., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2395-9751

Esra KARABACAK [3]

[3] Prof. Dr., Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, KKTC., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6096-1677

ÖZET

Okuma becerisi ilkokuldan itibaren bireylerin kazanmaya başladığı bir dil becerisidir. İlkokullarda bu dil becerisinin kazandırılması için de sık sık görsellerden yararlanılmaktadır. Okuma ile birlikte verilen görseller çocuğun daha hızlı okuma becerisi kazanmasına yardımcı olmaktadır. Bu sebeple de çocukların görsel okuma becerisi kazanması her şeyden önce ilkokul öğretmeninin iyi bir görsel okuma becerisine sahip olmasına bağlıdır. Aynı zamanda hangi eğitim sürecinde olunursa olunsun ders kitaplarında görseller sıklıkla yer almaktadır çünkü görsellerin olmadığı veya yetersiz olduğu ders kitapları sıkıcı bulunmuş ve kalıcı öğrenmeyi engellediği düşünülmüştür. Bu araştırmanın amacı; ilkokul öğretmenlerinin görsel okuma becerilerine ilişkin görüşlerini incelemektir. Araştırma verilerinizn toplanması amacıyla yarı yapılandırılmış bir görüşme formu kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, 2025-2026 öğretim yılında KKTC Milli Eğitim Bakanlığına bağlı Aydınköy İlkokulu, 9 Eylül İlkokulu, 23 Nisan İlkokulu, Alasya İlkokulu, Alayköy İlkokulu, Şehit Ertuğrul İlkokulu, Gönyeli İlkokulu, Serhatköy İlkokulu, Lefke İstiklal İlkokulu ve Dikmen İlkokulunda görev yapan 50 öğretmen oluşturmaktadır. Çalışmada ilkokullarda görev yapan öğretmenlerin görsel okumayla ilgili becerileri, ders kitaplarındaki görsellerin yeterliliği, görsel okumaya yönelik yapılan etkinlikler, görsel okuma esnasında karşılaşılan sorunlar vs. tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırmada öğretmenlerin; görsel okumaya ilişkin çok düşük düzeyde bilgi sahibi oldukları, öğretmenlerin görsel okumayla ilgili gerek lisans eğitimi döneminde gerekse lisans eğitimi sonrası herhangi bir eğitim almadıkları, öğrencilerin görsel okuma esnasında birçok sorunla karşılaştıkları, görsel okumaya yönelik hizmetiçi eğitim verilebileceği ve öğretmenlerin genellikle görsel okuma etkinliği yaptırmadıkları sonuçlarına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İlkokul, görsel okuma, ilkokul öğretmeni, beceri.

EVALUATION OF VISUAL READING SKILLS OF ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS

ABSTRACT

Reading is a language skill that individuals begin to gain in elementary school. Visual materials are frequently used to ensure that this language skill is acquired at elementary schools. The visual materials offered along with the reading material help the child acquire faster reading skills. For this reason, the children acquiring visual reading skills is, first and foremost, a function of their elementary school teacher having good visual reading skills. At the same time, regardless of the education level, visual materials are frequently used in course textbooks as those without any visuals are found boring and believed to prevent permanent learning. The purpose of this study is to examine the opinions of elementary school teachers with regards to visual reading skills. A semi-structured interview form was used to collect the research data. The study group of the research consisted of 50 teachers employed at

Aydınköy Elementary School, 9 Eylül Elementary School, 23 Nisan Elementary School, Alasya Elementary School, Alayköy Elementary School, Şehit Ertuğrul Elementary School, Gönyeli Elementary School, Serhatköy Elementary School, Lefke İstiklal Elementary School and Dikmen Elementary School affiliated with the TRNC Ministry of National Education in 2025-2026 academic year. The study made an effort to identify the visual reading skills of teachers employed at elementary schools, the adequacy of visual materials in textbooks, structural activities with regard to visual reading, and problems faced during visual reading etc. The research found out that the teachers have very limited knowledge of visual reading, they have not received any training neither at the undergraduate level nor afterward, teachers experienced several challenges during visual reading, in-service training can be provided on visual reading, and teachers do not usually conduct visual reading activities.

Keywords: Elementary school, visual reading, elementary school teacher, skill.

İLKOKUL 4. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN ARKADAŞLIĞA YÜKLEDİKLERİ ANLAMLARIN İNCELENMESİ1

Fatma TEKİN[1]

[1] Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Karakter ve Değer Eğitimi Ana Bilim Dalı, Kayseri, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-9265-1754

Doç. Dr. Asena Ayvaz CAN[2]

[2] Doçent Doktor, Eğitim Fakültesi, Sınıf Eğitimi Ana Bilim Dalı, Kayseri, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3612-9119

ÖZET

Arkadaşlık, bireyin sosyal ve duygusal gelişimi üzerinde kritik bir rol oynayan, yaşam boyu süregelen en temel sosyal etkileşimlerden biridir. Özellikle ilkokul dönemi, çocukların sosyal rollerini keşfettikleri ve akranlarıyla sağlıklı bağlar kurarak toplumsal aidiyet duygusu geliştirdikleri kritik bir evredir. Bu bağlamda, ilkokul düzeyindeki arkadaşlık ilişkilerinin niteliği, çocuğun hem okul hayatındaki mutluluğunu hem de gelecekteki sosyal uyum becerilerini doğrudan şekillendirmektedir. Bu araştırma ilkokul 4. sınıf öğrencilerinin arkadaşlık kavramına yükledikleri anlamların; kişisel özellikler, sosyal katılım ve okulda mutluluk değişkenleri açısından incelenmesini amaçlamaktadır. Araştırmada ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemi basit seçkisiz örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Buna göre araştırmanın örneklemini Kayseri ilinin İncesu, Melikgazi, Kocasinan, Pınarbaşı, Sarız, Hacılar ve Talas ilçelerinde öğrenim gören 693 dördüncü sınıf öğrencisi oluşmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak Arkadaşlığın Anlamı Ölçeği, Çocukların Sosyal Katılım Becerilerini Belirleme Ölçeği ve İlkokul Öğrencileri İçin Okulda Mutluluk Ölçeği olmak üzere 3 ölçek ve bir kişisel bilgi formu kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, demografik ve kişisel özelliklerin öğrencilerin arkadaşlık algısı üzerinde anlamlı bir farklılık üretmediğini göstermektedir. Ancak sosyal katılım becerileri ve okulda mutluluk düzeyleri daha yüksek olan öğrencilerin arkadaşlık algısının daha pozitif olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: arkadaşlık, beceri, değer, sosyal katılım, mutluluk

ABSTRACT

Friendship is one of the most fundamental forms of social interaction that continues throughout life and plays a critical role in an individual's social and emotional development. The elementary school years, in particular, are a critical stage during which children discover their social roles and develop a sense of social belonging by forming healthy bonds with their peers. In this context, the nature of friendship relationships at the elementary school level directly shapes both the child's happiness in school life and their future social adaptation skills. This study aims to examine the meanings fourth-grade elementary school students ascribe to the concept of friendship in terms of personal characteristics, social participation, and happiness at school. A correlational survey model was used in the study. The study sample was determined using simple random sampling. Accordingly, the sample consists of 693 fourth-grade students attending schools in the districts of İncesu, Melikgazi, Kocasinan, Pınarbaşı, Sarız, Hacılar, and Talas in the province of Kayseri. The study utilized three scales—the Meaning of Friendship Scale, the Scale for Assessing Children's Social Participation Skills, and the School Happiness Scale for Elementary School Students—as well as a personal information form as data collection tools. The results of the study indicate that demographic and personal characteristics did not produce a significant difference in students' perceptions of friendship. However, it has been found that

[1] Bu çalışma ikinci yazarın danışmanlığında ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

students with higher levels of social participation skills and happiness at school have a more positive perception of friendship.

Keywords: friendship, skill, value, social participation, happiness

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE AİLE İŞLEVSELLİĞİ İLE YÜRÜTÜCÜ İŞLEVLER ARASINDAKİ İLİŞKİDE EV İÇİ KAOSUN ARACI RÖLÜ

Veysel Hasan GÜL[1]

[1]Psikolojik Danışman, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Rehberlik ve Psikolojik Danışmanlık, Adana, Türkiye., https://orcid.org/0009-0003-4618-1089

Cemre ERTEN TATLI[2]

[2]Doç.Dr, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Rehberlik ve Psikolojik Danışmanlık, Gaziantep, Türkiye., https://orcid.org/0000-0002-1838-2540

* Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürüttüğü yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

ÖZET

Yöntem: Bu araştırmada, üniversite öğrencilerinde aile işlevselliği ile yürütücü işlev güçlükleri arasındaki ilişkide ev içi kaosun aracı rolü incelenmiştir. Araştırma ilişkisel tarama modelinde yürütülmüştür. Çalışma grubunu 2025–2026 eğitim öğretim yılında Çukurova Üniversitesi, Çağ Üniversitesi ve Hasan Kalyoncu Üniversitesi'nde öğrenim gören 481 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Veriler; Genel Aile İşlevselliğini Değerlendirme Ölçeği, Aile Çevresi Kaos Ölçeği ve Yetişkin Yürütücü İşlevler Envanteri aracılığıyla toplanmıştır. Verilerin analizinde Pearson korelasyon analizi ve Hayes PROCESS Macro Model 4 kullanılmış, aracılık etkisi 5000 bootstrap örneklemi ile test edilmiştir.

Bulgular: Araştırma bulguları, aile işlevselliği ile ev içi kaos arasında anlamlı ve negatif yönlü yüksek düzeyde ilişki olduğunu göstermiştir (r =-668, p <05). Ev içi kaos ile yürütücü işlev güçlükleri arasında anlamlı ve pozitif yönlü ilişki bulunmuştur (r = 410, p <05). Ayrıca aile işlevselliği ile yürütücü işlev güçlükleri arasında anlamlı ve negatif yönlü ilişki saptanmıştır (r = -343, p <05). Aracılık analizi sonuçları, ev içi kaosun aile işlevselliği ile yürütücü işlev güçlükleri arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolüne sahip olduğunu ortaya koymuştur (b =-267, %95 GA [-365; -178]).

Sonuç: Araştırma sonuçları, sağlıklı aile işlevselliğinin üniversite öğrencilerinde ev içi kaosu azaltarak yürütücü işlev güçlüklerini dolaylı biçimde azalttığını göstermektedir. Bulgular, aile ortamının düzeni ve işlevselliğinin genç yetişkinlerin bilişsel ve öz düzenleme süreçleri üzerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda üniversite öğrencilerine yönelik psikoeğitim ve müdahale programlarında aile işlevselliği ve ev ortamı değişkenlerinin dikkate alınması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aile İşlevselliği, Yürütücü İşlevler, Ev İçi Kaos

THE MEDIATING ROLE OF HOUSEHOLD CHAOS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN FAMILY FUNCTIONING AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN UNIVERSITY STUDENTS

ABSTRACT

Method: This study examined the mediating role of household chaos in the relationship between family functioning and executive functioning difficulties among university students. The research was conducted using a correlational survey model. The study group consisted of 481 university students studying at Çukurova University, Çağ University, and Hasan Kalyoncu University during the 2025–2026 academic year. Data were collected using the General Family Functioning Assessment Scale, the Family Environment Chaos Scale, and the Adult Executive Functions Inventory. Pearson correlation analysis and Hayes PROCESS Macro Model 4 were used for data analysis, and the mediating effect was tested using 5,000 bootstrap samples.

Findigs: The findings revealed a significant and strong negative relationship between family functioning and household chaos (r =-.668, p <.05). A significant positive relationship was found between household chaos and executive functioning difficulties (r = .410, p <.05). In addition, a significant negative relationship was identified between family functioning and executive functioning difficulties (r =-.343, p <.05). Mediation analysis results indicated that household chaos had a partial mediating role in the relationship between family functioning and executive functioning difficulties (b =-.267, 95% CI [-.365,-.178]).

Conclusion: The results of the study demonstrated that healthy family functioning indirectly reduces executive functioning difficulties among university students by decreasing household chaos. The findings indicate that the order and functionality of the family environment play an important role in the cognitive and self-regulation processes of young adults. Accordingly, it is recommended that family functioning and home environment variables be considered in psychoeducational and intervention programs designed for university students.

Keywords: Family Functioning, Executive Functions, Household Chaos.

ARONYA TÜKETİMİNİN ANTİOKSİDAN KAPASİTE VE OKSİDATİF STRES ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayşenur YILDIZ [1]

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Malatya, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-3439-2362

Dilay ÖĞÜT [2]

[2] Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Malatya, Türkiye., ORCID ID:https://orcid.org/0009-0006-2797-6830

Dr.Öğr. Üyesi Sevinç TAY [3]

[3] Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Malatya, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9843-9091

ÖZET

Aronya, Kuzey Amerika kökenli olup günümüzde Avrupa ve Asya'da da yaygın biçimde yetiştirilmekte olan çalı formunda bir meyve bitkisidir. Meyve; antosiyaninler, prosiyanidinler, fenolik asitler ve flavonoller bakımından olağanüstü zengin bir bileşim sergileyen, bilinen bitkisel kaynaklar arasında en yüksek antioksidan kapasitelerinden birine sahip fonksiyonel bir gıdadır. Bu derleme çalışmasında aronyanın kimyasal bileşimi, fitokimyasal profili ve insan sağlığı üzerindeki biyolojik etkileri bütüncül bir bakışla ele alınmıştır. Çalışmanın literatür taraması PubMed, ScienceDirect, Google Scholar ve DergiPark veri tabanları kullanılarak gerçekleştirilmiş; "Aronia ", "chokeberry", "oksidatif stres", "antioksidan" ve "fonksiyonel gıda" anahtar kelimeleri temel arama terimleri olarak benimsenmiştir. Tarama sürecinde ulaşılan yaklaşık 150 makale incelenerek konu bakımından uygun olan 65 makale derlemeye dahil edilmiştir. Meyvede saptanan başlıca fenolik bileşikler; siyanidin-3-O-galaktozit, siyanidin-3-O-arabinosit, klorojenik asit, neoklorojenik asit, kuersetin türevleri ve kateşinlerdir. Besin bileşimi açısından aronya; diyet lifi, C ve E vitaminleri, K vitamini, folat, potasyum, magnezyum ve demir yönünden de önem taşımaktadır. Biyolojik etki mekanizmaları incelendiğinde aronyanın; oksidatif stresi azaltan, pro-inflamatuvar sitokinleri baskılayan, lipid ve glikoz metabolizmasını düzenleyen, endotelyal fonksiyonu destekleyen ve çeşitli tümör hücrelerinde apoptozu tetikleyen çok yönlü bir profil sergilediği görülmektedir. Antidiyabetik etkileri bağlamında α-glukozidaz ve dipeptidil peptidaz IV inhibisyonu yoluyla postprandiyal hiperglisemiyi sınırladığı, insülin duyarlılığını artırdığı ortaya konmuştur. Kardiyoprotektif etkiler açısından ise sistolik kan basıncı, LDL kolesterol ve trigliserit düzeylerinde anlamlı düşüşler sağladığı klinik çalışmalarla desteklenmektedir. Nörodejeneratif süreçlere karşı da koruyucu potansiyel taşıyan aronya, β-amiloid birikimini azaltmakta ve bilişsel fonksiyonları desteklemektedir. Bunların yanı sıra gelişmiş glikasyon son ürünlerinin oluşumunu baskılayarak ve kollajen yıkımını engelleyerek yaşlanma karşıtı ve fotokoruyucu etkiler göstermektedir. Güvenlik profili genel itibarıyla olumlu olmakla birlikte, ilaç etkileşimi riski taşıyan bireylerde uzman gözetiminde tüketilmesi önerilmektedir. Elde edilen tüm bulgular, aronyanın kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde etkin biçimde yararlanılabilecek önemli bir fonksiyonel gıda olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Aronya , antioksidan , fonksiyonel gıda.

EFFECTS OF ARONIA CONSUMPTION ON ANTIOXIDANT CAPACITY AND OXIDATIVE STRESS

ABSTRACT

Aronia is a shrub-type fruit plant of North American origin, now widely cultivated in Europe and Asia. The fruit possesses one of the highest antioxidant capacities among known botanical sources, characterized by an exceptionally rich composition of anthocyanins, procyanidins, phenolic acids, and flavonols. This review comprehensively examines the chemical composition, phytochemical profile, and biological effects of aronia on human health. The principal phenolic compounds identified in the fruit include cyanidin-3-O-galactoside, cyanidin-3-O-arabinoside, chlorogenic acid, neochlorogenic acid, quercetin derivatives, and catechins. In terms of nutritional composition, aronia is also noteworthy for its dietary fiber, vitamins C, E, and K, folate, potassium, magnesium, and iron content. Analysis of the biological mechanisms reveals that aronia exhibits a multifaceted profile: it reduces oxidative stress, suppresses pro-inflammatory cytokines, regulates lipid and glucose metabolism, supports endothelial function, and triggers apoptosis in various tumor cell lines. Regarding antidiabetic effects, it has been demonstrated to limit postprandial hyperglycemia through inhibition of α-glucosidase and dipeptidyl peptidase IV, while also improving insulin sensitivity. Its cardioprotective effects — including significant reductions in systolic blood pressure, LDL cholesterol, and triglycerides — are supported by clinical studies. Aronia also carries neuroprotective potential, reducing β-amyloid accumulation and supporting cognitive function. Additionally, it exerts anti-aging and photoprotective effects by inhibiting the formation of advanced glycation end products and preventing collagen degradation. Although its safety profile is generally favorable, consumption under medical supervision is recommended for individuals at risk of drug interactions. Taken together, the available evidence establishes aronia as a significant functional food with broad potential for the prevention and management of chronic diseases.

Keywords: Aronia , antioxidant, functional food

LİÇİ MEYVESİNİN NON-ALKOLİK YAĞLI KARACİĞER HASTALIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Sevinç TAY [1]

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Malatya, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9843-9091

Asiye KAYA[2]

[2]Öğrenci, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Malatya, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8867-1336

ÖZET

NAFLD (Non-Alcoholic Fatty Liver Disease) obezite, insülin direnci, metabolik sendrom ve tip 2 diyabet ile ilişkili en yaygın kronik karaciğer hastalıklarından biri olarak tanımlanmaktadır. Hepatositlerde aşırı trigliserid birikimi ile karakterize olan bu hastalık ilerleyen dönemlerde steatohepatit, fibrozis, siroz ve hepatoselüler karsinom gibi ciddi komplikasyonlara yol açabilmektedir. Son yıllarda doğal biyoaktif bileşikler bakımından zengin fonksiyonel besinlerin NAFLD üzerindeki etkileri yoğun biçimde araştırılmakta olup, liçi *(Liçi chinensis Sonn.)* meyvesi bu kapsamda dikkat çeken meyvelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, liçi meyvesinin içerdiği biyoaktif bileşenlerin alkolsüz yağlı karaciğer hastalığı üzerindeki potansiyel etkilerini güncel literatür doğrultusunda incelemektir. Bu çalışmanın materyalini, liçi *(Litchi chinensis Sonn.)* meyvesinin alkolsüz yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD) üzerindeki etkilerini inceleyen güncel bilimsel araştırmalar, derleme makaleleri, deneysel çalışmalar ve klinik araştırmalar oluşturmaktadır. Literatür taraması kapsamında PubMed, Scopus, Google Scholar ve Web of Science veri tabanları kullanılmıştır. Tarama sürecinde "NAFLD", *"Litchi chinensis"*, "polyphenols", "oxidative stress", "antioxidant activity", "inflammation", "hepatoprotective effect" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Çalışmaya özellikle son 5 yıl içerisinde yayımlanan İngilizce ve Türkçe bilimsel yayınlar dahil edilmiş, toplamda 90 kaynak incelemesi yapılmış ve bunlar içerisinden 30 kaynak ele alınmıştır. Özellikle liçi kaynaklı polifenoller üzerine yapılan araştırmalarda epikateşin, prosiyanidinler, kuersetin, gallik asit ve C vitamini gibi bileşiklerin antioksidan ve antiinflamatuar özellik gösterdiği bildirilmektedir. Bu bileşenlerin serbest radikal oluşumunu baskılayarak oksidatif stresi azalttığı, lipid peroksidasyonunu önlediği ve inflamatuar süreçleri düzenlediği belirtilmektedir. Ayrıca liçi polifenollerinin yağ asidi oksidasyonunu artırabildiği, adenozin monofosfat aktive protein kinaz (AMPK) yolunu aktive ederek lipogenezisi baskılayabildiği ve insülin duyarlılığını iyileştirebildiği ifade edilmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar, liçi kaynaklı polifenollerin karaciğer yağlanmasını azaltabildiğini, bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyebildiğini ve bağırsak-karaciğer ekseni üzerinde düzenleyici rol oynayabildiğini göstermektedir. Özellikle randomize ve plasebo kontrollü çalışmalarda inflamatuar belirteçlerin azaldığı ve hepatik inflamasyonun baskılandığı bildirilmiştir. Bunun yanında süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPx) gibi antioksidan enzim aktivitelerinin artırılmasının karaciğer dokusunun korunmasına katkı sağlayabileceği belirtilmektedir. Liçi meyvesinin yüksek fenolik içeriğinin hepatosit hasarını azaltabileceği, lipid metabolizmasını düzenleyebileceği ve metabolik bozuklukların kontrolüne katkı sağlayabileceği de bildirilmektedir. Ayrıca bağırsak geçirgenliğinin düzenlenmesi ve yararlı bağırsak bakterilerinin desteklenmesi yoluyla karaciğer sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak liçi meyvesinin içerdiği polifenoller, flavonoidler ve diğer biyoaktif bileşenler sayesinde alkolsüz yağlı karaciğer hastalığı üzerinde koruyucu ve destekleyici etkiler gösterebileceği düşünülmektedir. Ancak mevcut çalışmaların sınırlı olması nedeniyle liçi meyvesinin NAFLD tedavisindeki etkinliğinin net olarak ortaya konabilmesi için daha kapsamlı ve uzun dönemli klinik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Liçi, NAFLD, polifenoller, antioksidan, oksidatif stres, inflamasyon, hepatoprotektif etki.

THE EFFECT OF LYCHEE FRUIT ON NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE

ABSTRACT

NAFLD (Non-Alcoholic Fatty Liver Disease) is defined as one of the most common chronic liver diseases associated with obesity, insulin resistance, metabolic syndrome, and type 2 diabetes. Characterized by excessive triglyceride accumulation in hepatocytes, this disease can lead to serious complications such as steatohepatitis, fibrosis, cirrhosis, and hepatocellular carcinoma in later stages. In recent years, the effects of functional foods rich in natural bioactive compounds on NAFLD have been intensively investigated, and lychee *(Litchi chinensis Sonn.)* fruit is considered one of the fruits that has attracted attention in this context. The aim of this study is to examine the potential effects of the bioactive components contained in lychee fruit on non-alcoholic fatty liver disease in line with current literature. The material of this study consists of current scientific research, review articles, experimental studies, and clinical trials investigating the effects of lychee *(Litchi chinensis Sonn.)* fruit on non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). PubMed, Scopus, Google Scholar, and Web of Science databases were used in the literature search. The keywords "NAFLD", *"Litchi chinensis",* "polyphenols", "oxidative stress", "antioxidant activity", "inflammation", and "hepatoprotective effect" were used in the screening process. The study specifically included English and Turkish scientific publications published within the last 5 years, with a total of 90 sources reviewed, from which 30 were selected. Research on lychee-derived polyphenols, in particular, reports that compounds such as epicatechin, procyanidins, quercetin, gallic acid, and vitamin C exhibit antioxidant and anti-inflammatory properties. These components are reported to reduce oxidative stress by suppressing free radical formation, prevent lipid peroxidation, and regulate inflammatory processes. Furthermore, it is stated that lychee polyphenols can increase fatty acid oxidation, suppress lipogenesis by activating the adenosine monophosphate activated protein kinase (AMPK) pathway, and improve insulin sensitivity. Studies in the literature show that polyphenols derived from lychee can reduce fatty liver disease, positively influence the gut microbiota, and play a regulatory role on the gut-liver axis. Specifically, randomized and placebo-controlled studies have reported a reduction in inflammatory markers and suppression of hepatic inflammation. Furthermore, it is suggested that increasing the activity of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx) may contribute to the protection of liver tissue. The high phenolic content of lychee fruit is also reported to reduce hepatocyte damage, regulate lipid metabolism, and contribute to the control of metabolic disorders. It is also thought that it may have positive effects on liver health by regulating intestinal permeability and supporting beneficial gut bacteria. In conclusion, it is believed that lychee fruit, thanks to its polyphenols, flavonoids, and other bioactive components, may exhibit protective and supportive effects on non-alcoholic fatty liver disease. However, due to the limited number of current studies, more comprehensive and long-term clinical trials are needed to clearly establish the effectiveness of lychee fruit in the treatment of NAFLD.

Keywords: Lychee, NAFLD, polyphenols, antioxidant, oxidative stress, inflammation, hepatoprotective effect.

ORGANİK VE KONVANSİYONEL ÜRETİMDEN ELDE EDİLEN DOMATES POSASI TOZLARININ FİZİKOKİMYASAL VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Furkan YAVAŞ[1]

[1]Ziraat Mühendisi (Yüksek Lisans Öğrencisi), Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Organik Üretim Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye., https://orcid.org/0009-0000-7074-0467

Nihat YILMAZ [2]

[2] Dr. Öğretim Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Organik Tarım Programı, Kayseri, Türkiye, https://orcid.org/0000-0003-3756-1525

Murat KAYA [2]

[2] Dr. Öğretim Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme, Gıda Teknolojisi Programı, Kayseri, Türkiye, https://orcid.org/0000-0002-3181-2517

ÖZET

Domates işleme endüstrisinde açığa çıkan posa, kabuk ve çekirdek fraksiyonlarını içeren önemli bir yan ürün olup, bu materyalin fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite açısından zengin olduğu bilinmektedir. Bitkisel gıda işleme yan ürünlerinin fonksiyonel bileşenler bakımından potansiyel taşıdığı, özellikle fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite açısından değerlendirilebileceği önceki çalışmalarda açıkça ortaya konmuştur. Bu kapsamda domates posası, gıda atıklarının katma değerli ürünlere dönüştürülmesi açısından dikkat çeken bir hammadde olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışma ile organik ve konvansiyel olarak üretilen domateslerden elde edilen posaların gıdalara fonksiyonellik kazandırmak için kullanılması, antioksidan kapasitesilerinin belirlenmesi ve farklı üretim koşullarının etkilerinin karşılaştırması olanakları değerlendirilmektedir. Hiçbir şekilde değerlendirilemeyen atıklar ve ticari üretimden arta kalan yan ürünlerin değerlendirilmesi için bilimsel veriler sağlanmaya çalışılmaktadır. Elde edilemekte olan bulgular ışığında, domates posasının değerli biyoaktif özellikleri ortaya çıkarılarak, bu yan ürünün fonksiyonel gıda, doğal antioksidan kaynakları ile sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlama potansiyelini açığa çıkarmak mümkün olmaktadır. Ayrıca, elde edilen toz mamüller kullanılarak katma değeri yüksek meyveli içecek üretme olanaklarının da araştırılarak hem literatüre hem de gıda sanayiine yönelik uygulamalı çıkarımlar elde edilmekte, atıkların azaltımı ve ekonomik sürdürülebilirlik yaklaşımının bilimsel temelli desteklenmesine de katkı sağlanmaktadır. Konvansiyonel üretim sistemlerinin bitkisel ürünlerin besin içeriği ve antioksidan profili üzerindeki etkileri uzun süredir araştırılmakta olup, organik üretimden elde edilen ürünlerin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitenin daha yüksek olabileceği yönünde güçlü teorilere yer verilmektedir. Ancak halihazırdki literatür çalışmalarının çoğu yan ürünler değil ana ürünler üzerinde yoğunlaşmış; domates posası gibi gıda işleme yan ürünleri özelinde ki çalışmaları sınırlı kalmıştır. Bu durum, domates posasının kimyasal bileşimi ve antioksidan özelliklerinin organik ve konvansiyonel üretim sistemleri açısından değerlendirilmesini, faydalı bir alkolsüz ve gazlı içecek üretebilme olanklarının araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Domates posası, Fonksiyonel gıda, Agro-endüstriyel yan ürünler, Sürdürülebilir tarım

DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL AND BIOACTIVE PROPERTIES OF TOMATO PULP POWDERS OBTAINED FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION

ABSTRACT

Tomatoes peel, pulp and seed fractions obtained from the tomato processing industry constitute a significant by-product; this material is known to be rich in phenolic compounds and antioxidant capacity. Previous studies have clearly indicated that plant-based food processing by-products have potential in terms of functional components and can be evaluated particularly for their phenolic compounds and antioxidant activity. In this context, tomato waste is considered a valuable raw material for the conversion of food waste into value-added products. This study will evaluate the potential for utilizing waste from organically and conventionally cultivated tomatoes to impart functionality to foods, determine their antioxidant capacity, and compare the effects of different production conditions. Scientific data will be sought to facilitate the utilisation of waste that cannot otherwise be utilised and by-products remaining from commercial production. In view of the findings, the valuable bioactive properties of tomato waste will be revealed, making it possible to demonstrate the potential of this by-product to contribute to functional foods, natural antioxidant sources, and sustainable agricultural practices. Furthermore, by investigating the possibilities of producing high-value-added fruit-based beverages using the resulting powdered products, practical insights will be gained for both the literature and the food industry, thereby contributing to waste reduction.

Keywords: Tomato pomace, Functional food, Agro-industrial by-products, Sustainable agriculture

ÇİZGİ FİLM DESTEKLİ ÖĞRETİM SÜRECİNİN MATEMATİK BAŞARISINA VE TUTUMUNA ETKİSİ1

Betül Selah[1]

[1]Öğretmen, MEB, Van, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7187-2522

Kamil Akbayır [2]

[2] Dr. Öğretim Üy., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik, Van, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7004-8849

ÖZET

Bu araştırmada, çizgi film destekli matematik öğretiminin öğrencilerin matematik başarılarına ve tutumlarına etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, bir gruba (deney-grubu) çizgi film izletilerek öğretim yapılırken diğer grupta (kontrol grubu) öğretim geleneksel yöntemle sürdürülerek çizgi filmlerin matematik öğretiminde ne derecede etkili araçlar olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, ön-test, son-test deney ve kontrol gruplarından oluşmuş, nicel araştırma tekniklerinden yarı deneysel model benimsenmiştir. Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılının 2. döneminde Van ili İpekyolu ilçesine bağlı Sempaş Ortaokulunun 5. Sınıflarında (5-A, 5-B) öğrenim gören 25'i deney (5-A), 24'ü ise kontrol (5-B) grubu olacak şekilde toplam 49 öğrenciyle yürütülmüştür. Uygulamaya geçilmeden önce veri toplama araçları (başarı testi, tutum ölçeği) ön-test olarak uygulanmıştır. 10 haftalık uygulama sürecinde, haftada 3 çizgi film olmak üzere toplam 30 çizgi film izletilmiştir. Uygulama sürecinden sonra veri toplama araçları (başarı testi, tutum ölçeği) son-test olarak uygulanmıştır. SPSS-22 programıyla elde edilen bulgular neticesinde; çizgi film destekli matematik öğretiminin, mevcut öğretim programındaki uygulamalarla yürütülen öğretime göre öğrencilerin matematiğe yönelik tutumları üzerinde daha etkili olduğu sonucuna ulaşılırken, matematik başarısına etkisi öğrenme alanlarına göre farklılık gösterdiği söylenebilir. Örneğin, başarı testinden elde edilen veriler, öğrenme alanları bazında incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin geometri öğrenme alanında başarı yüzdelerindeki artış dikkat çekmektedir. Elde edilen bu veriye göre uygulamada kullanılan çizgi filmlerin, geometri öğretimine katkı sağlayabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: matematik, matematik öğretimi, çizgi film, matematik başarısı, matematiğe yönelik tutum.

THE EFFECT OF CARTOON-SUPPORTED TEACHING PROCESS ON MATHEMATICS ACHIEVEMENT AND ATTITUDE

ABSTRACT

This study aimed to reveal the effects of cartoon-assisted mathematics instruction on students' mathematical achievement and attitudes. In this direction, one group (experimental group) was taught by watching cartoons, while the other group (control group) was taught using the traditional method in order to determine the extent to which cartoons are effective tools in teaching mathematics. The study adopted a quasi-experimental design, a quantitative research technique, consisting of pre-test, post-test experimental and control groups. The research was conducted with a total of 49 students, 25 of whom were in the experimental (5-A, 5-B) group and 24 in the control (5-B) group, studying in the 5th grade of Sempaş Secondary School in the İpekyolu district of Van province during the second semester of the 2023-2024 academic year. Before starting the application, data collection tools (achievement test and attitude scale) were applied as a pre-test. During the 10-week application period, a total of 30 cartoons were watched, 3 cartoons per week. After the implementation process, data collection tools

[1] Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürüttüğü yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

(achievement test and attitude scale) were administered as posttests. Findings obtained with the SPSS-22 program indicated that cartoon-assisted mathematics instruction was more effective on students' attitudes toward mathematics than instruction using the practices in the current curriculum. However, its effect on mathematics achievement varies across learning domains. For example, when the data obtained from the achievement test are examined by learning domains, the increase in the experimental group students' success in geometry is striking. Based on this data, it can be said that the cartoons used in the application can contribute to geometry education.

Keywords: mathematics, mathematics teaching, cartoons, mathematics achievement, attitude towards mathematics.

ELECTROCHEMICAL, ADSORPTION AND THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A GREEN INHIBITOR FOR Cu-Zn in 3.5% NaCl SOLUTION

I. MOUAMR[1,2], S. Amalich[3], K. CHKIRATE[1], D. BARTOUT[4], R. ACHOUR[1], M. BENMESSAOUD[2]

[1] Laboratory of Heterocyclic Organic Chemistry, Medicines Science Research Center, Pharmaco chemistry Competence Center, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, BP 1014 Rabat, Morocco

[2] Energy, Materials and sustainable Development Team, CERN2D, Higher School of Technology Salé, Mohammed V University, Rabat 8007, Morocco

[3] Laboratory of Phytochemistry, National Agency of Medicinal and Aromatic Plants (ANPMA), Taounate Principale, BP: 159, Taounate, Morocco

[4] Materials, Energy and Acoustics Team (MEAT), Higher School of Technology Salé, Mohammed V University, Rabat 8007, Morocco

Abstract

Recently, natural extracts have gained significant interest as environmentally friendly and cost-effective corrosion inhibitors for protecting metal structures. In this study, a variety of techniques were employed to evaluate the corrosion protection performance of *Santolina chamaecyparissus* oil on Cu-Zn in a 3.5% NaCl solution. Weight loss measurements and electrochemical measurements such as impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization (PDP) tests demonstrated a notable decrease in the corrosion rate with the inhibitor. To further optimize performance, the corrosion inhibition was examined across a concentration range of 200-800 ppm and a temperature range of 298-328 K. The inhibition effectiveness increased at higher concentrations, while it decreased when the temperature was elevated. Findings suggest that adsorption involves both physisorption and chemisorption mechanisms, following the Langmuir adsorption isotherm model. Thermodynamic and activation energy parameters were calculated from the data. The inhibitor was classified as a mixed-type, impeding both anodic and cathodic processes. These results suggest that this green inhibitor offers considerable potential for corrosion protection due to its high efficacy and environmentally friendly profile.

Keywords : Cu-Zn, corrosion inhibition, 3.5% NaCl, electrochemical measurements, *Santolina chamaecyparissus* oil.

HIGH-Q PHONONIC CRYSTAL DESIGN BASED ON DISC-SHAPED CAVITIES

Mohammed MOUTAOUEKKIL

LPMR, Faculté des Sciences, Université Mohammed I, 60000, Oujda, MOROCCO

ABSTRACT

Phononic crystals are based on periodic structures made of two or more materials arranged along one-dimensional. These materials are characterized by a strong contrast in their elastic properties and density. The periodicity in the materials introduces band gap frequencies in the dispersion curves where phonons are prohibited from propagation. This property has been exploited to propose these structures as new materials to control the propagation of elastic and acoustic waves. These systems have attracted a considerable attention from science and technology point view. Similarly to photonic crystals, the interest in phononic crystals has been generated by their unique properties such as the formation of band-gaps, near zero group velocity, and anomalous dispersion (negative refraction). These properties make phononic crystals a viable choice for use in vibration and noise reduction applications as well as in the design and implementation of components for Radio Frequency Micro-Electro- Mechanical Systems including filters, resonators, and advanced signal processing functions. In this communication, we introduce a new design of cavity resonator design based on 1D phononic crystal structure. The structure is made of a corrugated AlN thin membrane; the central micro-strip line supports periodic gold disc shaped thin layer. The structure is completely different to cavity designs presented in most previous works where the cavity is obtained by removing a portion of the crystal or by changing the geometric parameters of the unit cell. In our case, the phononic crystal design remains unchanged and a disc shaped resonator was introduced as a defect. The introduced disc-shaped cavity enables the achievement of a high quality factor (High-Q), which is essential for enhancing resonance performance and signal selectivity in electroacoustic devices. The proposed design is based on materials of practical interest in electroacoustic devices technology. The membrane is made of AlN thin film that has been considered in recent years as a viable technology for the fabrication of radio frequency passive components for use in telecommunication applications.

Keywords: Phononic crystal, AlN film, Disc-shaped, High-Q.

İSTİHBARAT İŞ BİRLİĞİ: NEDENLER VE ZORLUKLAR

Fırat TEMEL

Yüksek Lisans Öğrencisi, Iğdır Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi, Iğdır, Türkiye, https://orcid.org/0009-0002-6757-3789

ÖZET

Devletler uluslararası sistemde çıkarlarını artırmak ve etki sahasını genişletmek için çeşitli alanlarda iş birliğine gitmektedir. Ancak, devletlerin iş birliği pratikleri incelendiğinde, gerçekleştirilen iş birliğinin daha çok düşük politika (low politics) alanlarında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. İlgili literatür incelendiğinde, bu davranış tercihinin özellikle 2000'li yılların başından itibaren değiştiği ve devletlerin yüksek politika (high politics) alanlarında da iş birliğine gittiği gözlemlenmektedir. Bu çalışma, devletlerin ulusal güvenliğinin merkezinde yer alan istihbarat faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilen istihbarat iş birliğinin nedenlerini ve iş birliği önündeki zorlukları incelemektedir. İlgili resmi dokümanlaeın incelenip analiz edilmesi ve kapsamlı bir literatür taramasının ardından, istihbarat alanında gerçekleştirilen iş birliğinin nedenleri ve bu alandaki yaşanan zorluklar sınıflandırılmıştır. Devletlerin istihbarat alanında iş birliği yapmasının nedenlerini: 1) devletlerin istihbarat kapasiteleri/uzmanlıkları arasındaki farklar, 2) tehditlerin küreselleşmesi, 3) ortak tehdit ve/veya çıkarın varlığı, 4) devletlerin bürokratik ve siyasi uyum ve 5) üst düzey istihbarat profesyonellerinin kişisel ilişkileri oluşturmaktadır. İstihbarat iş birliğinin gerçekleşmesini zorlaştıran hususlar ise şu şekildedir: 1) güven oluşturmanın zorluğu, 2) bürokratik ve siyasi uyumsuzluk, 3) aşırı bağımlılık ve/veya dezenformasyon riski, 4) yasal mevzuat ve uluslararası hukukun getirdiği kısıtlamalar ve 5) ulusal güvenlik kültürleri arasındaki farklar. İlgili çalışma ile, literatürde genellikle farklı bir unsurun detayı olarak ele alınan istihbarat iş birliği merkeze alınmış ve daha sonraki çalışmaların üzerine inşa edilebileceği bir sınıflandırma ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uluslararası politika, devlet ittifakı, istihbarat iş birliği

ABSTRACT

States cooperate in various fields to increase their interests and expand their sphere of influence in the international system. However, when state cooperation practices are examined, it is observed that cooperation mostly takes place in low politics areas.When the relevant literature is examined, it is observed that this preference for behavior has changed, especially since the early 2000s, and that states have also cooperated in the field of high politics.This study examines the reasons for intelligence cooperation within the scope of intelligence activities at the center of states' national security and the challenges to cooperation. Following the examination and analysis of relevant official documents and a comprehensive literature review, the reasons for and challenges in intelligence cooperation are classified. The reasons for state cooperation in intelligence are: 1) differences in the intelligence capacities/expertise of states, 2) the globalization of threats, 3) the existence of common threats and/or interests, 4) bureaucratic and political alignment of states, and 5) personal relationships among high-level intelligence professionals. Factors that make intelligence cooperation difficult include: 1) the difficulty of building trust, 2) bureaucratic and political incompatibilities, 3) the risk of over-reliance and/or disinformation, 4) restrictions imposed by legal regulations and international law, and 5) differences in national security cultures. This study focuses on intelligence cooperation, which is often treated as a detail of a different element in the literature, and presents a classification upon which future studies can be built.

Keywords: International politics, state alliance, intelligence cooperation

TEKNOLOJİYE HAZIR OLMAK KARİYER TATMİNİNİ ARTIRIR MI? TEKNOLOJİ HAZIRLIK İNDEKSİ 2.0 ÇERÇEVESİNDE BİR DEĞERLENDİRME

Güray YILMAZ [1]

[1] Dr., Bağımsız Araştırmacı, İşletme, Balıkesir, Türkiye., ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3760-4150

ÖZET

Teknolojiye hazırbulunuşluk, bireylerin yeni teknolojileri benimseme, kullanma ve teknolojik değişimlere uyum sağlama eğilimlerini ifade eden önemli bir kavramdır. Kariyer tatmini ise çalışanların kariyerlerinde elde ettikleri başarı, mesleki gelişim ve kariyer hedeflerine ulaşma düzeylerinden duydukları memnuniyeti ifade etmektedir. Sağlık sektörü gibi dijital sistemlerin ve teknolojik araçların yoğun biçimde kullanıldığı çalışma ortamlarında, çalışanların teknolojiye yönelik tutumlarının kariyer tatmini üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda bu araştırmanın temel amacı, teknolojiye hazırbulunuşluğun sağlık çalışanlarının kariyer tatmini üzerindeki etkisini incelemektir. Buna ek olarak, teknolojiye hazırbulunuşluğun alt boyutları olan iyimserlik, yenilikçilik, rahatsızlık ve güvensizlik boyutlarının kariyer tatmini üzerindeki etkileri de araştırmanın alt amaçları arasında yer almaktadır. Araştırmanın evrenini, Türkiye'de sağlık sektöründe faaliyet gösteren özel bir sağlık kuruluşunun farklı illerdeki şubelerinde görev yapan 22.500 sağlık çalışanı oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri, özel sağlık kuruluşunda çalışan bireylerden yüz yüze anket tekniği kullanılarak toplanmıştır. Örneklemin belirlenmesinde ise tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örnekleme tekniği benimsenmiş olup, araştırma kapsamında 391 katılımcıya ulaşılmıştır.

Veri toplama araçları olarak Teknoloji Hazırlık İndeksi 2.0 ve Kariyer Tatmini Ölçeği kullanılmıştır. Elde edilen verilerle frekans analizi, güvenilirlik analizi, normallik analizi, açımlayıcı faktör analizi, korelasyon analizi ve regresyon analizleri uygulanmıştır. Araştırma bulguları, Teknoloji Hazırlık İndeksi genel puanı ile kariyer tatmini arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Alt boyutlar açısından incelendiğinde, iyimserlik ve yenilikçilik boyutlarının kariyer tatminini pozitif yönde; rahatsızlık ve güvensizlik boyutlarının ise negatif yönde ve anlamlı biçimde etkilediği tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, özel sağlık kuruluşlarında teknolojik dönüşümün yalnızca teknik bir süreç olarak değil, çalışanların kariyer memnuniyetini etkileyen insani bir süreç olarak da ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle yeni teknolojiler çalışanlara sadece zorunlu sistemler olarak sunulmamalı; bu teknolojilerin işlerini nasıl kolaylaştıracağı ve mesleki gelişimlerine nasıl katkı sağlayacağı açık biçimde anlatılmalıdır. Özellikle teknoloji kullanımında zorlanan çalışanlara uygulamalı eğitimler verilmesi, teknik destek sağlanması ve çalışanların kendilerini yetersiz hissetmeyecekleri bir öğrenme ortamı oluşturulması önemlidir. Ayrıca deneyimli çalışanlar ile teknolojiye daha yatkın çalışanların bir araya getirildiği akran desteği uygulamaları, teknolojiye yönelik rahatsızlık ve güvensizlik duygularını azaltabilir. Bu tür insan odaklı uygulamaların, sağlık çalışanlarının teknolojiye uyumunu güçlendirerek kariyer tatmini düzeylerine olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Teknolojiye Hazırbulunuşluk, Teknoloji Hazırlık İndeksi, Kariyer Tatmini, Sağlık Çalışanları, Özel Sağlık Kuruluşu.

DOES BEING TECHNOLOGY READY INCREASE CAREER SATISFACTION? AN EVALUATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TECHNOLOGY READINESS INDEX 2.0

ABSTRACT

Technology readiness is an important concept that refers to individuals' tendency to adopt, use, and adapt to new technologies and technological change. Career satisfaction, on the other hand, reflects employees' level of satisfaction with their career achievements, professional development, and progress toward career goals. In work environments such as the health sector, where digital systems and technological tools are widely used, employees' attitudes toward technology may play an important role in shaping their career satisfaction. In this context, the main purpose of this study is to examine the effect of technology readiness on the career satisfaction of healthcare employees. In addition, the effects of the subdimensions of technology readiness optimism, innovativeness, discomfort, and insecurity on career satisfaction are also examined. The population of the study consists of 22,500 healthcare employees working in different branches of a private healthcare organization operating in Türkiye. The data were collected from employees of this private healthcare organization through face to face survey technique. A convenience sampling method, one of the non-probability sampling techniques, was used in the sampling process, and data were obtained from 391 participants.

The Technology Readiness Index 2.0 and the Career Satisfaction Scale were used as data collection instruments. The collected data were analyzed through frequency analysis, reliability analysis, normality analysis, exploratory factor analysis, correlation analysis, and regression analyses. The findings indicate a positive and significant relationship between the overall Technology Readiness Index score and career satisfaction. When the subdimensions were examined, optimism and innovativeness were found to have positive and significant effects on career satisfaction, whereas discomfort and insecurity had negative and significant effects.

The results suggest that technological transformation in private healthcare organizations should not be considered merely as a technical process, but also as a human-centered process that influences employees' career satisfaction. Therefore, new technologies should not be introduced to employees only as mandatory systems; rather, it should be clearly explained how these technologies can facilitate their work and contribute to their professional development. In particular, providing practical training, technical support, and a learning environment in which employees do not feel inadequate may help reduce discomfort and insecurity toward technology. Moreover, peer support practices that bring together experienced employees and those who are more technologically inclined may strengthen employees' adaptation to technology. Such human-oriented practices are expected to contribute positively to healthcare employees' technology readiness and career satisfaction.

Keywords: Technology Readiness, Technology Readiness Index 2.0, Career Satisfaction, Healthcare Employees, Private Healthcare Organization.

AZERBAYCAN'DA DEMOKRASİ VE İNSAN HAKLARI: MEVCUT DURUM, ZORLUKLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Umud BABAVERDIYEV

[1]Yüksek Lisans Öğrenci, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kamu Yönetimi, Tokat, Türkiye.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-6542-9216

Mutlu SESLİ [2]

[2] Doç.Dr, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakultesi, Kamu Yönetimi, Tokat, Türkiye.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1009-0041

ÖZET

Bu çalışma, Azerbaycan'da demokrasi ve insan haklarının mevcut durumunu, karşılaşılan temel sorunları ve geleceğe yönelik olası gelişmeleri incelemeyi amaçlamaktadır. Demokrasi, yalnızca seçim süreçlerinden ibaret olmayıp ifade özgürlüğü, basın özgürlüğü, hukukun üstünlüğü ve sivil toplumun etkinliği gibi unsurları da içeren çok boyutlu bir yapıdır. İnsan hakları ise bireylerin doğuştan sahip olduğu temel hak ve özgürlükleri kapsamakta olup demokratik sistemin vazgeçilmez bir unsurudur.

Azerbaycan, 1991 yılında bağımsızlığını kazanmasından bu yana ekonomik ve siyasi açıdan önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Ancak bu gelişmelere rağmen, demokratikleşme sürecinde çeşitli yapısal sorunlar devam etmektedir. Özellikle seçim süreçlerinin şeffaflığı, ifade ve basın özgürlüğü, yargı bağımsızlığı ve siyasi katılım konularında uluslararası raporlarda eleştiriler yer almaktadır. Muhalefet üzerinde baskılar, gazetecilere yönelik kısıtlamalar ve sivil toplumun sınırlı hareket alanı, demokratik sistemin işleyişini zayıflatan unsurlar arasında öne çıkmaktadır.

Çalışmada ayrıca Azerbaycan'ın uluslararası ilişkilerinin, özellikle enerji politikalarının, demokrasi ve insan hakları üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Uluslararası aktörlerin stratejik çıkarları doğrultusunda geliştirdiği pragmatik yaklaşımlar, insan hakları ihlallerine yönelik tepkilerin sınırlı kalmasına yol açabilmektedir.

Sonuç olarak, Azerbaycan'da demokratikleşme süreci çok boyutlu ve karmaşık bir yapı sergilemektedir. Bu sürecin ilerleyebilmesi için ifade özgürlüğünün güçlendirilmesi, yargı bağımsızlığının sağlanması ve sivil toplumun desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda uluslararası işbirliği ve iç reformların uyumlu şekilde ilerlemesi, ülkenin daha demokratik bir yapıya ulaşmasında belirleyici olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Azerbaycan, demokrasi, İnsan Hakları, ifade özgürlüğü, yargı bağımsızlığı.

DEMOCRACY AND HUMAN RIGHTS IN AZERBAIJAN: CURRENT SITUATION, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES

ABSTRACT

This study aims to examine the current state of democracy and human rights in Azerbaijan, the main problems encountered, and possible future developments. Democracy is not merely about electoral processes; it is a multi-dimensional structure encompassing elements such as freedom of expression, freedom of the press, the rule of law, and the effectiveness of civil society. Human rights, on the other hand, encompass the fundamental rights and freedoms that individuals possess from birth and are an indispensable element of the democratic system.

Since gaining independence in 1991, Azerbaijan has made significant progress economically and politically. However, despite these developments, various structural problems persist in the democratization process. In particular, international reports criticize the transparency of electoral processes, freedom of expression and the press, judicial independence, and political participation. Pressure on the opposition, restrictions on journalists, and the limited scope of action for civil society are among the factors weakening the functioning of the democratic system.

The study also analyzes the impact of Azerbaijan's international relations, especially its energy policies, on democracy and human rights. The pragmatic approaches developed by international actors in line with their strategic interests can lead to limited responses to human rights violations. In conclusion, the democratization process in Azerbaijan is multifaceted and complex. Strengthening freedom of expression, ensuring judicial independence, and supporting civil society are crucial for this process to progress. Simultaneously, the harmonious advancement of international cooperation and internal reforms will be decisive in the country's attainment of a more democratic structure.

Keywords: Azerbaijan, democracy, human rights, freedom of expression, judicial independence.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CRIMINOLOGY: PROGRESS OR DANGER?

PhD Roxana Mihaela MOISOIU

U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova, ID orcid 0009-0005-0515-0432

Prof. Colegiul German „Goethe"

București, România

ABSTRACT

Artificial intelligence is the most important technological challenge of today's society. The development of AI involves numerous controversies related to its use. Starting from the information manipulation that can even change governments to the beneficial influence of its use in the most complex situations in the medicine of incurable diseases, artificial intelligence must be viewed from the perspective of compliance with international legislation and the ethical responsibility of users.

The progress of modern society cannot be imagined without the elements of novelty in all fields. Scientific research wears the garment of examining the efficiency and legality of the use of AI.

Artificial intelligence has transformed the world, offering advantages and vulnerabilities alike. In forensics, it can be a hopeful aid, if there is international cooperation and if algorithmic autonomy is used responsibly.

The enthusiasm with which it was received also raises concern when we talk about the impact it has through the disappearance of some professions and their replacement by intelligent robots.

Criminology is the field where AI helps prevent crime or investigate crimes and analyze criminal behavior, identifying correlations that are difficult for humans to discover. But along with these advantages, there is the risk that criminals will also use AI for automated fraud, sophisticated attacks and more.

The future belongs to humanity, it depends on us, how we use artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, criminology, risk, advantages, vulnerabilities, ethics

TRAMADOL AND PARACETAMOL EFFECTS ON FEMALE HORMONE LEVELS AND BODY WEIGHT: SYSTEMATIC META-ANALYSIS

Sara Benseghir

Mustapaha Ben Boulaid University, Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Organismal Biology, Batna, Algeria.

Benbia Souheyla[2]

[2] Mustapaha Ben Boulaid University, Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Organismal Biology, Batna, Algeria.

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-1929-4242

Abstract

Tramadol and paracetamol are widely prescribed analgesics used in the treatment of acute and chronic pain. Although generally considered effective and relatively safe at therapeutic doses, increasing evidence suggests that prolonged or excessive exposure to these agents may induce endocrine and metabolic disturbances which may led to ovarian toxicity. The present meta-analysis aimed to evaluate the effects of tramadol and paracetamol on hormone levels and body weight in female through a meta-analysis of multiple studies.

A systematic search was performed between March and May 2026 using PubMed, MEDLINE, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar in accordance with the PRISMA guidelines. Only original experimental studies published in English were included, provided they contained healthy control groups and reported sufficient quantitative data for analysis. The selected studies investigated the effects of tramadol and paracetamol on reproductive hormones (LH, FSH, estradiol and progesterone) and body weight. Subgroup analyses were conducted according to analgesic types, duration of exposure and pregnancy status. Statistical analyses were performed using RevMan 5.4 software.

The results demonstrated that tramadol and paracetamol exerted differential effects on hormone levels. Tramadol significantly decreased LH, FSH, estradiol and progesterone levels but paracetamol increased LH, FSH and progesterone levels, while estradiol concentrations remained unaffected. Additionally, a significant decrease in body weight was observed especially in tramadol-treated and non-pregnant animals exposed for prolonged durations.

In summary, this meta-analysis demonstrated the potential adverse effects of tramadol and paracetamol on hormonal balance and body weight regulation. Tramadol may negatively affect ovarian function and female fertility, whereas paracetamol appears to exert less pronounced toxic effects.

Keywords: Tramadol, Paracetamol, Reproductive hormones, Body weight, Ovarian toxicity and Meta-analysis.

EVIDENCE FROM META-ANALYSIS: OXIDATIVE STRESS AS A MECHANISM FOR TRAMADOL- AND PARACETAMOL-INDUCED FOLLICULAR LOSS

Bouzaher Selsabil

Mustapha Ben Boulaid University, Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Organismal Biology, Batna, Algeria.

Benbia Souheyla[2]

[2] Mustapha Ben Boulaid University, Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Organismal Biology, Batna, Algeria.

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-9383-3122

Abstract

Tramadol and paracetamol, are widely used for the management of acute and chronic pain. However, evidence suggests that prolonged exposure to these drugs may negatively effect female reproductive health. The ovary, as a key reproductive organ, is highly sensitive to toxic insults, especially those mediated by oxidative stress. This study aimed to evaluate the effects of tramadol and paracetamol on ovarian toxicity and female fertility, focusing on oxidative stress biomarkers and ovarian follicular counts.

A systematic search was conducted between March and May 2026 using PubMed, Scopus, Science Direct, and Google Scholar databases, according to PRISMA guidelines. Eligible experimental studies with control groups reporting quantitative data on oxidative stress parameters and ovarian follicular outcomes following tramadol and paracetamol exposure. Data were extracted to assess pooled effects on oxidative stress biomarkers, including malondialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and total glutathione (tGSH), as well as ovarian follicle populations, particularly primordial, growing and antral follicles. Meta-analysis was performed using RevMan 5.4, with subgroup analyses based on drug type, pregnancy status, and experimental conditions.

Results showed that both tramadol and paracetamol significantly induced oxidative stress in ovarian tissues, as evidenced by increased MDA levels and decreased antioxidant enzyme activities (SOD, CAT, and tGSH). In parallel, a significant reduction in ovarian follicular counts was observed, with a marked depletion of primordial follicles representing the ovarian reserve. Tramadol demonstrated more pronounced effects compared to paracetamol, indicating a stronger association with ovarian toxicity.

In conclusion, this meta-analysis shows that tramadol and paracetamol exposure increases oxidative stress and reduces ovarian follicular counts, indicating potential harm to ovarian function and female fertility. These results emphasize cautious use of these analgesics and the need for further research on their reproductive safety.

Keywords: Tramadol, Paracetamol, Meta-analysis, Oxidative stress, Ovarian follicles, Female fertility.

NANO-ENABLED PHAGE FORMULATIONS FOR COMBATING MULTIDRUG-RESISTANT BACTERIAL INFECTIONS

Shairy Priya*, Rishabha Malviya

Department of Pharmacy, School of Medical and Allied Sciences, Galgotias University, Greater Noida, India

Abstract

Conventional antibiotics are less effective against bacteria that have developed resistance to them, making multidrug-resistant (MDR) bacterial infections a serious worldwide healthcare issue. In this context, the use of nanotechnology-modified phage formulations has become a new, highly specific therapeutic approach, combining phage specificity with the advanced delivery systems enabled by nanotechnology. In the present study, the use of nanoengineered phage systems for the treatment of MDR bacterial infections, via increased stability, targeted delivery, controlled release, and penetration of biofilms, is highlighted. By protecting bacteriophages from environmental degradation and immune system inactivation, and by enhancing therapeutic activity at the infection site, nanocarriers such as liposomes, polymeric nanoparticles, hydrogels, and nanoemulsions can help achieve this. In addition, the use of synergistic combinations of phages with antimicrobial nanoparticles or antibiotics can be a highly effective way to reduce bacterial resistance and enhance pathogen eradication. These complex formulations also show potential for wound infections, respiratory diseases, and implant-associated bacterial biofilms. Future research should also include establishing scalable manufacturing processes, optimising phage selection for personalised use, and standardising regulatory and clinical translation to enable successful therapeutic implementation. Overall, nano-phage therapeutics are a compelling and exciting area in contemporary pharmaceuticals and personalised microbial treatment targeting MARTIs with a sustainable and promising alternative to traditional antibiotics.

Keywords: Nanophages, Antimicrobial Resistance, Nanocarriers, Bacteriophages, Targeted Therapy

BIOHYBRID MICRONEEDLES FOR PAINLESS MACROMOLECULAR DRUG DELIVERY

Madhavi Porwal*, Rishabha Malviya

Department of Pharmacy, School of Medical and Allied Sciences, Galgotias University, Greater Noida, India

Abstract

Macromolecular therapeutics such as proteins, peptides, vaccines, and genetic materials are large molecules with poor membrane permeability and instability in traditional drug delivery systems, which remain challenges. To overcome these limitations, Biohybrid microneedles are an emerging transdermal platform designed for minimally invasive, painless delivery. In the present study, biohybrid microneedle systems developed from biocompatible polymers incorporating bioactive molecules were examined with respect to their design and potential applications for enhancing therapeutic performance. The microneedles are designed to be highly effective at penetrating the stratum corneum without causing pain, bleeding, or tissue damage, thereby enhancing patient acceptance and therapeutic effectiveness. In addition, the biohybrid architecture provides increased mechanical strength, high drug-loading efficiency, controlled-release profiles, and increased stability of labile macromolecules. The system also enables localised and targeted drug delivery, thereby minimising systemic side effects associated with conventional therapy. Recent developments have shown that biohybrid microneedles have tremendous potential for vaccine delivery, cancer and diabetes treatment, and personalised medicine. This ground-breaking technology has the potential to provide an alternative delivery method to existing oral and injectable products for the safe, efficient, and patient-friendly delivery of macromolecular therapeutics, opening new avenues in contemporary biomedical and pharmaceutical research.

Keywords: Biohybrid microneedles, Macromolecular therapeutics, Painless delivery, Controlled drug release; Biocompatible polymers, Patient compliance

SUFI "DIGITAL SAMĀ'" USING AI-ENHANCED VR TO EXPERIENCE MYSTICAL ECSTASY IN URBAN SOLITUDE

MUHAMMAD FAISAL

Assistant Professor (AI) at Allama Iqbal Open University, ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT

ufism's "Samā'" (whirling and music) is a communal mystical practice. This research investigates how **AI-Enhanced VR** can revamp the Sufi experience for individuals in high-stress urban environments who lack access to a "Dargah" (shrine). The study develops a "Bio-Responsive Samā' Simulation" where the VR environment reacts to the user's heart rate and breathing, creating a personalized "Spiritual Ascent." The AI generates infinite variations of Sufi poetry and music (Qawwali) based on the works of Rumi and Hafiz, ensuring that the experience remains fresh and transformative. The research analyzes a 2026 project where "Digital Samā'" was used as a mental health tool for refugees, providing a "Transcendental Escape" and a sense of "Ancestral Connection." The paper argues that by digitizing "Mystical Ecstasy," AI allows Sufism to flourish as a portable, internal practice for the "Modern Mystic."

Keywords: Sufism, Digital Samā', VR, Mystical Ecstasy, Bio-Responsive AI, Urban Spirituality.

ZOROASTRIANISM AND "DIGITAL FIRE" AI-MANAGED FIRE TEMPLES FOR A GLOBAL DIASPORA

MUHAMMAD FAISAL

Assistant Professor (AI) at Allama Iqbal Open University, ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT

Zoroastrianism, one of the world's oldest religions, faces the challenge of a shrinking, geographically dispersed population. This research explores how **AI-Driven Remote Presence** and **Digital Fire Temples** are revamping the faith. The study investigates a 2026 project where a "Primary Sacred Fire" was geolocated and its "Digital Twin" projected into homes of practitioners worldwide. The AI manages the "Virtual Rituals," ensuring they are performed at the correct astrological times. By using **Natural Language Processing (NLP)** to revitalize the "Avestan" language, the AI helps young Zoroastrians reconnect with their ancient heritage. The paper concludes that AI allows a "Micro-Religion" to survive and thrive as a "Global Digital Network," preserving the "Gathas" (teachings) for a post-geographical world.

Keywords: Zoroastrianism, Digital Fire Temples, Digital Twin, Avestan Language, Micro-Religions, Global Diaspora.

THE KODAVAS OF INDIA: A STUDY OF THEIR ORIGIN, TRADITIONS, AND CLOTHING

[1]Prof G H S Prasad, [2]Dr Madan Lal Regar, [3]Akshara Rawat, [3]Madhu Suman, [3]Tina, [3]Prajakta Bhandare

[1] Director & Professor, National Institute of Fashion Technology Jodhpur, , Rajasthan, India.

[2]Assistant Professor, National Institute of Fashion Technology Jodhpur, Department of Fashion Design, Rajasthan, India.

National Institute of Fashion Technology Jodhpur, Department of Fashion Design, Jodhpur, India.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7821-4410

Abstract

India is a diversified country, where multiple societies live together, before the social development and urbanization, communities lives in remote places. These groups of people staying and survive away from main structure of society in cluster are genearally knows as tribes. In India many tribles communites are living and protected by Article 342 of the Indian Constitution. The Kodavas are recognized as a distinct ethno-linguistic tribe belonging to Kodagu (coorg), a rugged, mountainous district in the state of Karnataka, India. The name "Kodava" itself is deeply tied to the land, originating from the root word Koda, which translates to "hills" or "mountains." This effectively defines them as the people of the highlands.

The livelihood of the Kodava people have traditionally been a land-owning tribes, with their economy centered on the lush, high-altitude terrain of the Western Ghats. They are the primary cultivators of India's coffee, pepper, and cardamom, managing expansive estates that are often passed down through generations within a clan. Beyond agriculture, their professional identity is famously defined by military service. They are one of the few communities in india granted a constitutional exemptiopn to owm and carry firearms without license. In this review chapter we are exploreing the daily life of Kodava people with their belief and costume, as the costume play the crucial role to understand the kadava tribes. The traditional costume for todava men is *Kupya*, a black wrap-around robe, secured by a *Chele*, a red gold-embroidered sash, and carry the *Peeche Kathi*, an ornamental dagger. The present review research will highlights the basic understanding and awareness about an indigenous community of India.

Keywords- Kodava, Tribes, Dress, Design elements and Jwellery.

EFFECT OF INNOVATİVE LEARNİNG STRATEGİES TO IMPROVE CREATİVİTY AND PROBLEM-SOLVİNG SKİLLS AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS İN RİVERS STATE

Dr. Felicia KING-AGBOTO

Department of Statistics, Captain Elechi-Amadi Polytechnic, Rumuola. PortHarcourt, Nigeria., ORCID ID 0000-0003-2275-8552

Clifford O. UGORJI (Ph.D)

Department of Educational Foundations, NnamdiAzikiwe University, Awka, ORCID ID 0009-0001-5052-9039

Abstract

The growing demand for 21st century skills has increased the need for innovative learning strategies that can enhance students' creativity and problem-solving abilities in Rivers State, Nigeria. The study investigated the effect of innovative learning strategies on students' creativity and problem-solving skills among secondary school students in Rivers State. The study adopted a quasi-experimental, pretest–posttest non-equivalent control group design. This design was considered appropriate because it allowed comparison between students' exposed to innovative methods and those taught through conventional teaching methods. Three research questions guided the study and three hypotheses were formulated for the study. The population comprised 2245 male and female students. A sample of 120 secondary school students was selected using simple random sampling technique. Thereafter, the respondents from Experimental group were assigned into an experimental group (n = 60) whereas respondents from Control group were assigned into a control group (n = 60). Two validated instruments were used to collect data: the Creativity Skills Test (CST) and Problem-Solving Skills Achievement Test (PSSAT). Reliability was established using Kuder Richardson 21 which yielded coefficients of 0.85 (CST) and 0.88 (PSSAT).Data were analyzed using both descriptive statistics (mean and standard deviation) to answer research questions, and Analysis of Covariance (ANCOVA) to determine differences between experimental and control groups. Findings revealed that innovative learning strategies such as project-based learning, collaborative learning, digital learning platforms, gamification, inquiry-based learning, and the use of multimedia tools significantly improved students creativity thinking, creative thinking, critical reasoning and problem –solving competencies. The study recommends, among others that increased investment in educational technology, continuous teacher training, curriculum reforms, and supportive government policies to strengthen the adoption of innovative pedagogies in Nigerian schools.

Imo State University and AlvanIkokuUniversity of Education should invest in digital infrastructure, such as reliable internet connectivity, computer laboratories, and AI-enabled educational platforms. Access to these resources will ensure that both lecturers and students can engage meaningfully with AI-powered modules without technological barriers.

Keywords: Artificial Intelligence,students' creativity and problem-solving ability, and traditional instructional approach.

TRANSESTERIFICATION FOR BIODIESEL PRODUCTION FROM NEEM OIL AND KARANJA OIL, AND ENGINE PERFORMANCE AND EMISSION TESTING USING NANO-PARTICLE BLENDED FUELS

Mr. S. Santhosh Kumar

Lecturer, Mechanical Engineering Department, St. Joseph University in Tanzania, Dar es salaam, Tanzania, East Africa, Orcid ID : https://orcid.org/0009-0000-0128-5130

Abstract:

This research involved the production of biodiesel from Neem oil and Karanja oil using transesterification technique with combined acid-base catalysts. The physicochemical properties of the produced biodiesels and their diesel blends were examined and compared. Results showed that Neem biodiesel exhibited better performance than Karanja biodiesel in terms of kinematic viscosity, calorific value, and cloud point across all blend compositions with diesel fuel.

The study also explored the influence of graphene nanoparticles on the characteristics of biodiesel–diesel blends. A B20 blend was chosen and doped with graphene nanoparticles at different concentrations to prepare stable and homogeneous nano-enhanced fuel blends. It was observed that increasing the concentration of nanoparticles improved most fuel properties, although kinematic viscosity did not show improvement.

Engine performance and emission characteristics were evaluated using a four-stroke variable compression ratio diesel engine. The nano-enhanced blends with the highest nanoparticle concentration, NOME20GO105 and KOME20GO105, achieved brake thermal efficiencies of 34% and 32.6%, respectively, compared with 32.5% for pure diesel fuel. Furthermore, brake-specific fuel consumption (BSFC) was reduced by 12% and 10% for NOME20GO105 and KOME20GO105, respectively, when compared to their standard B20 blends. Carbon monoxide (CO) emissions were also notably reduced, with decreases of 30% and 32% observed for NOME20GO105 and KOME20GO105, respectively.

Keywords: Transesterification, Neem biodiesel, Karanja biodiesel, Engine Performance, emissions

LARGE LANGUAGE MODELS FOR AUTOMATED CROSS-CULTURAL TRANSLATION AND LOCALIZATION OF GLOBAL GRANT SUBMISSIONS

MUHAMMAD FAISAL

Assistant Professor (AI) at Allama Iqbal Open University, ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT

Local non-profit organizations in Pakistan often miss out on specialized international funding streams due to language barriers and unfamiliarity with western grant terminology. This study evaluates the utilization of domain-specific Large Language Models (LLMs) to automate the localization, translation, and styling of global grant submissions for Dr. Faisal's NGO. The LLM is fine-tuned on decades of successful grant applications from organizations like the United Nations, World Bank, and major European trusts. It takes raw field data regarding poverty metrics, health indices, and regional crises in Pakistan, and converts it into compelling, compliant, and highly structured grant proposals customized for specific international audiences. The paper demonstrates that this AI framework levels the playing field for global south NGOs, allowing them to communicate local needs with the institutional precision required by Western donor boards, ultimately accelerating the inflow of specialized foreign aid.

Keywords: Large Language Models, Grant Proposal Automation, Cross-Cultural Localization, Institutional Terminology Alignment, Global South Non-Profits, Foreign Aid Acceleration, Domain-Specific Fine-Tuning, Multi-Agency Compliance, Poverty Metric Integration, Pakistani Humanitarian Advocacy.

DESİGN AND FABRİCATİON OF A PORTABLE LOW-COST ROTARY BOREHOLE DRİLLİNG MACHİNE FOR RURAL WATER ACCESS

Rabiu Ahmad Abubakar[1] and Tasán Cruz Dany[2]

[1]State Key Laboratory for Fluid Power and Mechatronic Systems, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

[2]Universidad Politécnica de Madrid; Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Ecuador

Abstract

Access to affordable groundwater extraction technology remains a critical challenge in rural and agricultural communities, where commercial rotary drilling rigs are prohibitively expensive and logistically inaccessible. This paper presents the design, fabrication, and experimental evaluation of a portable, low-cost rotary borehole drilling machine powered by a 5 HP diesel engine and constructed from locally available mild-steel components. The machine integrates a spike-tooth rotary head, a 10:1 reduction gearbox, a V-belt power transmission system, a centrifugal mud pump for borehole flushing, and a lever-operated pipe winder. Engineering design calculations for torque, rotational speed, axial load, pump power, and drilling-fluid flow rate are presented. Performance was evaluated across six soil-type and speed combinations: sandy (low and high speed), clayey (low and high speed), loamy (medium speed), and gravelly (medium speed). Key metrics recorded were penetration rate (cm/min), torque (Nm), and power consumption (kW). Peak penetration of 18.3 cm/min was achieved in sandy soil at high speed; mean performance across all conditions was 12.1 cm/min penetration, 48.2 Nm torque, and 1.53 kW power consumption. The prototype performed within 15% of entry-level commercial auger systems in soft-to-medium soils while achieving a substantially lower fabrication cost (estimated < USD 500). Findings confirm the machine as a viable, replicable solution for improving groundwater access in underserved communities.

Keywords: borehole drilling; groundwater access; low-cost fabrication; penetration rate; portable drilling rig; rotary drilling machine; rural water supply; soil-type performance

DESİGN, FABRİCATİON, AND PERFORMANCE EVALUATİON OF A SİNGLE-FRONT-WHEEL HAND-PUSH WEEDİNG RAKE

Rabiu Ahmad Abubakar

Department of Agriculture and Bio-Environmental Engineering Technology Audu Bako College of Agriculture Dambatta, PMB 3159, Kano State, Nigeria

Abstract

This paper presents the design, fabrication, and experimental performance evaluation of a low-cost, hand-push weeding rake fitted with a single front wheel for use in smallholder row-crop systems. The device was designed to provide an ergonomic, chemical-free alternative to herbicide-based weed control. Performance was evaluated across three soil types sandy, loamy, and clay using replicated 3 m × 2 m test plots, with measurements of operational time, weeding efficiency, and human energy expenditure. Loamy soil yielded the highest weeding efficiency ($92.4 \pm 1.7\%$), sandy soil required the shortest operational time (12.8 ± 0.9 min) and the lowest energy expenditure (245.3 ± 6.2 kJ), while clay soil presented the greatest resistance with lowest efficiency ($79.6 \pm 2.5\%$) and highest energy demand (358.1 ± 8.1 kJ). One-way ANOVA confirmed highly significant soil-type effects ($p < 0.0001$) on all three metrics; Tukey's post-hoc tests showed all pairwise comparisons were significant. Performance benchmarked favourably against comparable manually operated weeders reported in the literature. The rake offers a practical, replicable, and sustainable weed management solution for smallholder farmers.

Index Terms—agricultural tool design; ergonomic weeder; hand-push weeder; mechanical weed control; performance evaluation; smallholder farming; soil–tool interaction; sustainable weed management

FEASIBILITY STUDY OF A WIND-POWERED TURBO VENTILATOR GREENHOUSE DRYER FOR POST-HARVEST VEGETABLE PRESERVATION

A Sustainable Engineering and Post-Harvest Technology Assessment

Rabiu Ahmad Abubakar

Institute of Mechanical Engineering Design, Department of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China, ORCID: 0000-0001-8001-9788

Tasan Cruz Dany

Higher Technical School of Building Engineering, Polytechnic University of Madrid, Spain;

Faculty of Engineering, Architecture Program, National University of Chimborazo, Ecuador

ORCID: 0000-0001-5778-4633

Abstract:

This paper presents a feasibility study of a wind-powered turbo ventilator greenhouse dryer (WTV-GHD) as a sustainable post-harvest vegetable preservation solution for smallholder farmers in off-grid and resource-constrained settings. The study evaluates technical, economic, environmental, and social feasibility dimensions. Technically, the system integrates passive solar heating and wind-driven ventilation to achieve a peak internal temperature of 49°C (16°C above ambient), reduce relative humidity to 55–62%, and lower vegetable moisture content from 80% to 15% within a single 10-hour drying cycle. Economically, the system offers a low capital cost of approximately USD 85–120, a payback period estimated at 1.2–1.8 growing seasons, and operational cost savings of over 60% compared to electrically powered dryers. Environmentally, the dryer eliminates dependence on fossil fuels or grid electricity and reduces post-harvest food losses, directly supporting UN Sustainable Development Goals SDG 2 (Zero Hunger), SDG 7 (Affordable and Clean Energy), and SDG 13 (Climate Action). Socially, the system is accessible to low-income farming communities and requires no technical expertise to operate or maintain. The feasibility assessment confirms the WTV-GHD as a viable, scalable, and replicable agro-processing innovation for sustainable rural development.

Keywords: Feasibility Study; Greenhouse Dryer; Turbo Ventilator; Post-Harvest Technology; Passive Solar Drying; Renewable Energy; Sustainable Agriculture; Food Security

ROLE OF ROOSTER COMBS (COCKSCOMBS) DERIVED COLLAGEN IN IMPROVING SKIN ELASTICITY AND JOINT FUNCTION

Tasawar Iqbal

Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5854-9069

Abstract

Collagen is an essential structural protein responsible for maintaining skin elasticity, connective tissue integrity, and joint mobility. Natural collagen sources have gained increasing attention due to their potential therapeutic and nutraceutical applications. Roasted animal combs, particularly poultry combs, are considered a rich source of collagen, glycosaminoglycans, and bioactive peptides that may contribute to skin and joint health. The present review explores the role of roasted comb-derived collagen in improving skin elasticity and joint function through nutritional and biochemical mechanisms. Thermal roasting may enhance collagen extraction and bioavailability by partially hydrolyzing collagen fibers into smaller peptides that are more easily absorbed in the gastrointestinal tract. These collagen peptides stimulate fibroblast activity, enhance dermal collagen synthesis, and improve skin hydration and elasticity, thereby reducing signs of skin aging such as wrinkles and dryness. In addition, roasted comb-derived collagen may support cartilage regeneration, reduce joint stiffness, and improve mobility by promoting extracellular matrix formation and decreasing inflammatory mediators associated with degenerative joint disorders. The presence of hyaluronic acid and chondroitin sulfate in comb tissues further contributes to joint lubrication and skin moisture retention. Several experimental and clinical studies suggest that dietary collagen supplementation may improve joint comfort and skin appearance with long-term use. Furthermore, roasted comb-derived collagen represents a low-cost and sustainable utilization of animal by-products with promising applications in functional foods, nutraceuticals, and pharmaceutical formulations. Future investigations should focus on standardized extraction methods, dosage optimization, safety evaluation, and large-scale clinical trials to validate its therapeutic effectiveness in dermatological and musculoskeletal health management.

Keywords: Collagen Peptides; Roasted Comb; Skin Elasticity; Joint Function; Hyaluronic Acid; Nutraceuticals

EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELD (PEF) TREATMENT ON PROTEINS FROM BOVINE AND CAPRINE MILK

Telma Freitas[4], Mariane Souza[4], Vitor Monteiro[1,4], Filipa Pimentel[2,4], Paulo Fernandes[1,4] and Alberta Araújo[1,3,4]

[1]CISAS, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Rua Escola Industrial e Comercial de Nun'Álvares, 4900-347 Viana do Castelo, Portugal;

[2]LAQV-REQUIMTE, Associated Laboratory for Green Chemistry—Network of Chemistry and Technology, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, 4050-313 Porto, Portugal

3CEB—Centre of Biological Engineering, Universidade do Minho, 4710-057 Braga, Portugal

[4]Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Av. do Atlântico 644, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal;

Abstract

Pulsed electric field (PEF) technology has emerged as a promising non-thermal pasteurization technique, ensuring microbial safety while preserving nutritional and functional properties that are often affected by conventional thermal processing. Its application in dairy matrices is particularly relevant, as it minimizes structural alterations in vitamins and proteins while maintaining overall product quality and safety.

In this study, PEF technology was applied to evaluate its impact on the stability and conformation of proteins in raw bovine and caprine milk, focusing on total protein and casein contents at laboratory scale. Milk samples were treated using a pulsed electric field system (EPULSUS®-LPM1A-10, 10 kV cm^{-1}) under two processing conditions: c1 (40 µs pulses, 5 Hz) and c2 (10 µs pulses, 15 Hz). Temperature and conductivity were measured before and after treatment to monitor possible thermal effects. Total protein and casein contents were determined according to AOAC methods 991.20 and 998.05, respectively, and by the Biuret method (Doumas et al., 1981).

The results obtained for PEF-treated bovine milk showed total protein contents of 3.60% (c1) and 3.37% (c2), while casein contents reached 2.50% (c1) and 2.61% (c2). These findings suggest that PEF induced only minor structural alterations compared with untreated milk samples, with slightly greater effects observed under the shorter pulse duration condition (10 µs pulses). In caprine milk, total protein contents were 3.64% (c1) and 3.58% (c2), whereas casein contents were 2.84% (c1) and 2.78% (c2).

Overall, the results indicate that PEF processing preserves total protein and casein contents in both bovine and caprine milk, despite their distinct physicochemical characteristics. Minor conformational changes may occur in specific protein fractions, which will be further investigated by SDS-PAGE analysis to better understand the structural modifications induced by PEF treatment.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LOW-COST RICE THRESHING MACHINE FOR SMALLHOLDER FARMERS IN RURAL COMMUNITIES

Abubakar R. A.

Department of Agriculture and Bio-Environmental Engineering Technology, Audu Bako College of Agriculture, Dambatta, PMB 3159, Kano State, Nigeria

Abstract

This paper presents the design, fabrication, and experimental evaluation of a low-cost spike-tooth rice threshing machine intended for smallholder farmers in rural and off-grid settings. The machine was constructed from locally procured materials mild steel, angle iron, and a 2 HP (1.5 kW) electric motor and incorporates a spike-tooth threshing drum (300 mm diameter × 500 mm length), a vibrating sieve with 3.5 mm mesh openings, and a centrifugal blower for chaff separation. Engineering design calculations for drum peripheral speed, power and torque requirements, blower air velocity, shaft diameter, and belt-pulley transmission are presented. Experimental trials over five replications (10 kg input per trial) yielded an average threshing efficiency of 86.4% (range: 85–88%), consistent grain loss of 5%, and no mechanical failures. The machine reduced threshing drudgery significantly, demonstrating technical viability at an estimated fabrication cost below USD 200. Results are benchmarked against comparable smallholder threshers reported in the literature. The design supports agricultural mechanization, post-harvest loss reduction, and food security goals in sub-Saharan Africa and comparable regions.

Key words: agricultural mechanization; grain loss reduction; post-harvest technology; rice thresher; smallholder farming; spike-tooth drum; threshing efficiency

IMAGE-BASED STRESS DETECTION IN MAIZE CROP USING DEEP LEARNING

Muskan Fatima

[1]Namal University Mianwali, Student, Department of Mathematics, Mianwali, Pakistan.

Abstract

Maize is a major cereal crop that plays a vital role in the agriculture driven economy of Pakistan. However, environmental factors and climate change introduce multiple stress conditions such as biotic and abiotic that significantly reduce crop yield. Early and accurate detection of crop stress is essential for improving agricultural productivity. This study proposes an image based deep learning framework for stress detection in maize plants. A dataset of maize plant images was collected from fields and augmented with publicly available data to ensure class balance and data diversity. Several deep learning architectures, including Convolutional Neural Networks (CNN), InceptionV3, ResNet, DenseNet, MobileNet, and GoogLeNet, were implemented and evaluated. Standard image preprocessing techniques were applied, and the dataset was divided into training, validation, and testing subsets. Experimental results demonstrate that the MobileNet model outperforms other architectures in terms of accuracy of about 95%. The proposed framework highlights the feasibility of a cost-effective and efficient system for maize stress detection, with potential applications in precision agriculture. Furthermore, to enhance practical usability, a web application was developed to stress detection through user uploaded maize leaves images. The website not only detects stress, but it also gives recommendations to the farmers based on their onw images. The proposed framework highlights the feasibility of a cost-effective, scalable, and accessible solution for maize stress detection, with significant potential for applications in precision agriculture and decision-making.

Keywords: Image Preprocessing, Deep Learning Models, MobileNet Architecture, Precision Agriculture, Image-Based Classification

THE STUDY OF THE FAMILY PHYLLODACTYLIDAE (LEAF-TOED GECKOS) (REPTILIA: SAURIA) IN LORESTAN PROVINCE, WESTERN IRAN

Nasrullah Rastegar-Pouyani and Maryam Omidian

Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, 6714967346 Kermanshah, Iran

Abstract

Lorestan Province, located within the Zagros Mountain range, encompasses a wide variety of habitats including caves, valleys, rocky outcrops, and karstic environments, providing suitable conditions for high reptile biodiversity. Among reptiles, the family Phyllodactylidae, commonly known as leaf-toed geckos, plays a significant ecological role due to their unique morphological and biological characteristics and their sensitivity to environmental changes, making them valuable indicators of habitat quality. Despite their importance, comprehensive and systematic information regarding the distribution, habitat preferences, and threats to this family in Lorestan Province remains limited. The present study aims to identify the species of the family Phyllodactylidae in Lorestan Province, analyze their geographical distribution, prepare distribution maps, and evaluate habitat characteristics in relation to environmental factors such as temperature, humidity, elevation, and anthropogenic pressures. The research methodology was based on library and literature reviews, analysis of published scientific data, field monitoring for three months (from early May to late July 2024), and interviews with local experts and specialists. Field monitoring was conducted through direct observation without specimen collection. For each observation, geographic coordinates, habitat type, elevation, environmental conditions, and the number of individuals were recorded. Species identification was performed based on external morphological characteristics using valid identification keys. As a result of this study, five species belonging to the family Phyllodactylidae were identified in the study area: *Asaccus elisae, Asaccus griseonotus, Asaccus granularis, Asaccus zagrosicus*, and *Asaccus nasrullahi*. Their distribution patterns were assessed in relation to climatic factors including temperature, humidity, elevation, and habitat type. The findings indicate that habitat destruction, land-use change, water resource exploitation, climate change, and insufficient public awareness represent the main threats to the populations of these species in Lorestan. In addition, the lack of detailed data on ecological behavior and reproductive biology poses challenges to effective conservation planning. The results of this research provide a scientific basis for identifying sensitive habitats, developing distribution maps, and designing appropriate conservation and management strategies aimed at preserving the biodiversity of Lorestan Province and preventing the decline and extinction of valuable Phyllodactylidae species.

Keywords: Phyllodactylidae, Leaf-toed geckos, *Asaccus*, Geographic distribution, Biodiversity conservation, Lorestan Province.

THE LEGAL AND FINANCIAL FRAMEWORK AGAINST MONEY LAUNDERING AS A PREVENTIVE INSTRUMENT AGAINST TERRORISM: AN INTERNATIONAL AND REGIONAL PERSPECTIVE

Orlinda Sinanaj[1]

[1] PhD Canditate, University of Insurance and Finance, Sofia, Bulgaria.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8592-8722

Romina Sinanaj[2]

[2]Municipality of Vlora, Albania.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/ 0009-0004-0746-151X

Abstract

Money laundering and the financing of terrorism constitute two of the most complex and destabilizing phenomena of contemporary international financial systems. Their close interconnection requires integrated legal and economic responses at both the national and supranational levels. This paper examines the evolution of the legal and financial framework developed to combat money laundering as a central instrument of counterterrorism policy, analyzing the key international standards established by the Financial Action Task Force (FATF), the United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), and the European Union's legislative reform package of 2024. According to UNODC estimates, between 2% and 5% of global GDP- equivalent to USD 800 billion to USD 5.54 trillion annually- passes through illicit laundering circuits, with a significant portion linked to terrorist financing networks. FATF's 2025 Comprehensive Update on Terrorist Financing Risks confirms that 69% of jurisdictions assessed globally exhibit major or structural deficiencies in effectively investigating, prosecuting, and convicting terrorism financing cases. The EU's 2024 AML Package, i

ncluding the establishment of the Anti-Money Laundering Authority (AMLA) based in Frankfurt, represents the most significant structural reform of Europe's counter-financial crime architecture to date. This paper also analyzes the Western Balkans regional context, with specific attention to Kosovo, whose Financial Intelligence Unit is a member of the Egmont Group and whose legislative framework aligns with international AML/CFT standards. The paper concludes by identifying critical gaps between formal compliance and effective enforcement, and proposes a multi-dimensional policy approach integrating legal harmonization, institutional capacity building, and public-private cooperation as essential pillars of a sustainable preventive strategy against terrorism financing.

Keywords: money laundering, terrorism financing, FATF, AML/CFT, AMLA, legal framework, Kosovo.

COMPETITION LAW AND INTERMEDIARY ACCOUNTABILITY IN INDIA: HUB AND SPOKE DYNAMICS IN DIGITAL PLATFORMS

Dr. Moumita Rout Majumdar& Dr. Anwesha Ghosh

Assistant Professor, Amity Law School, Amity University Mumbai

ABSTRACT

The proliferation of digital platforms in India's marketplace has fundamentally challenged traditional competition law frameworks, particularly in addressing hub-and-spoke cartel arrangements where platforms serve as conduits for coordinating anti-competitive behavior among competing businesses. This study examines the evolution of India's competition law regime under the Competition Act, 2002, and its recent transformation through the Competition Amendment Act, 2023, which explicitly incorporated hub-and-spoke arrangements within the horizontal cartel framework. The research analyzes seminal cases including *Samir Agrawal v. CCI*1 (the Ola/Uber algorithmic pricing case), where the Competition Commission of India (CCI) established the requirement for demonstrating actual agreements among spokes, and ongoing investigations into e-commerce giants like *Amazon and Flipkart* for allegedly facilitating price coordination among third-party sellers through platform-mediated mechanisms.

The analysis reveals a paradigmatic shift from requiring "active participation" to merely establishing "intent to participate" for platform liability, significantly lowering the evidentiary threshold for hub accountability. While the 2023 Amendment of the Competition Act addresses previous regulatory lacunae by bringing mixed horizontal-vertical arrangements under cartel provisions, it creates potential over-broad liability for platforms that inadvertently facilitate competitor coordination through legitimate business operations. The study identifies critical tensions between necessary information sharing in digital marketplaces and prohibited anti-competitive coordination, particularly regarding algorithmic pricing systems and marketplace governance structures. The research concludes that India's evolving hub-and-spoke rule, while addressing enforcement gaps, requires refined evidentiary standards and clearer intent requirements to balance effective competition enforcement against legitimate digital commerce facilitation, with significant implications for platform compliance strategies and future regulatory guidance development.

Keywords: Hub-and-spoke cartels, digital platforms, Competition Amendment Act 2023, algorithmic pricing, intermediary liability, e-commerce competition, platform accountability, Samir Agrawal case, Amazon-Flipkart investigations, competition enforcement

[1] AIR 2020

FORMATION OF TRAUMA-INFORMED COMPETENCE OF A SPECIALIST IN THE CONTEXT OF CONTINUOUS PROFESSIONAL DEVELOPMENT

Iliichuk Liubomyra

PhD (Pedagogy), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Primary Education and Educational Innovations Vasyl Stefanyk Carpathian National University (Ukraine)

Abstract

In the context of modern social challenges, including global crises, socio-economic instability, and ongoing military conflicts, the prevalence of psychological trauma among various demographic groups has increased dramatically. Consequently, the ability of specialists to effectively, ethically, and empathetically interact with individuals who have experienced traumatic events acquires special significance. This pressing reality necessitates a comprehensive update of the postgraduate education paradigm, shifting the focus towards inclusive educational practices and training specialists capable of creating a psychologically safe, supportive, and barrier-free environment. Therefore, the implementation of a trauma-informed approach is no longer merely an optional skill; it is becoming an integral criterion of modern professionalism and an essential component of the internal quality assurance system of educational and social activities.

The theoretical framework of this research is deeply rooted in the conceptual foundations of the competence-based approach and the principles of andragogy applied to the continuous professional development of an individual. To achieve the research objectives, an interdisciplinary perspective was adopted, integrating insights from educational psychology, sociology, and modern pedagogy. A complex of theoretical methods – including critical analysis, comparison, and systematic synthesis of recent domestic and international scientific sources – was applied to clarify the multidimensional essence of the investigated phenomenon. Furthermore, structural-functional analysis was utilized not only to determine the core component structure of the target competence but also to systematically design adaptive and individualized educational trajectories for specialists within the dynamic system of continuous education.

The article specifies the content of the concept of "trauma-informed competence of a specialist," which is considered as an integral ability of an individual to recognize the signs of psychological trauma, understand its impact on cognitive and behavioral processes, and apply adaptive interaction strategies to minimize the risks of retraumatization. It has been proven that the system of continuous professional development has a powerful potential for the formation of the specified competence due to its flexibility and orientation towards current societal needs. The study characterizes effective technological tools of continuous education (specialized training programs, case technologies, supervisory support, reflective practices) that facilitate the integration of a trauma-informed approach into professional activity.

Keywords: trauma-informed approach, trauma-informed competence, continuous professional development, continuous education, competence-based approach, quality of education, safe educational environment, resilience.

GOVERNANCE AND PEACEBUILDING: IMPLICATIONS FOR NIGERIA'S DEVELOPMENT

Dr. Cletus Chuks EGUGBO

Olabisi Onabanjo University, Faculty of Administration and Management Sciences, Department of Public Administration, Ago-Iwoye, Nigeria.

ORCİD: ID/0000-0002-5914-5541

Abstract

The place of peace in any country's development cannot be overemphasized. This explains why countries desirous of development try as much as possible to engage in peacebuilding. No country can develop in the absence of peace. In recent times, Nigeria has not been peaceful because of plethora of security challenges occasioned by Boko Haram terrorist group, banditry, kidnappers, separatist groups, etc. This situation has made development to be a distant dream in Nigeria because it has occasioned low investment with its attendant consequences of high unemployment, low income for the government and the citizens as well as poverty**.** It has also made government to spend scarce resources on acquiring military hardware to deal with security problems leaving little for the government to carryout development programmes and projects. This no doubt has adverse effect on development. This paper discovered that bad governance is responsible for lack of peace in the country which invariably has brought about general level of underdevelopment. Secondary method of data collection was adopted in this paper and the analysis was done through historical method. The theoretical framework for this paper is the theory of justice; this is because of the centrality of justice in peacebuilding. Against this backdrop, the paper recommended that there should be good governance with its inherent principles of accountability, transparency and social justice. The citizens should also be encouraged to take active part in the political and governance processes to be able to recruit leaders that are responsive to their needs and aspirations and also be in a position to remove through legitimate means leaders who are not interested in their wellbeing and welfare; this is because development cannot take place without good governance and active participation of the citizens in the political and governance processes.

Keywords: Security, Peace, Development, Accountability, Justice.

THE REGIONAL DISCOVERY OF "DHAT ATLAH" IN THE SOUTHERN GHOR

The Archaeological Identification of Dhat Atlah: Historical Significance and Socio-Economic Impact on Jordan's Religious Tourism.

Mohammed Waheeb

The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism

Abstract

The discovery of Dhat Atlah in the Southern Ghor region of Jordan represents a significant milestone in archaeological and historical research, providing a physical anchor for the events of the expedition of Ka'b bin Umayr al-Ghifari., The expedition of Ka'b which took place in Rabi' al-Awwal, 8 AH, corresponds to the period between June and July 629 CE. More precisely, the month of Rabi' al-Awwal in the year 8 AH began on May 31, 629 CE, and concluded on June 29, 629 CE. Since historians and biographers have not specified the exact day of the month, the event is situated within this period during the early summer of 629 CE. which took place in Rabi' al-Awwal, 8 AH, was a pivotal diplomatic and missionary effort by Prophet Muhammad to extend the call of Islam toward the borders of Al-Sham. Comprising only fifteen men, the expedition was primarily a peaceful endeavor rather than a military conquest, yet it met with a tragic confrontation when the tribes of Bani Quda'ah at Dhat Atlah betrayed the group with a heavy barrage of arrows. All companions were martyred except for one survivor who returned to Medina, leaving the site as a testament to the early sacrifices made on Jordanian soil for the spread of Islam.

A team of Jordanian experts, led by the author, successfully identified the location, which is intrinsically linked to the Elaf Path the historic Quraysh winter and summer trade route. The geographic correlation of the site matches classical descriptions of being beyond Wadi al-Qura, and its positioning in the Southern Ghor confirms its role as a strategic rest stop for caravans traveling from Mecca to Gaza and Damascus. The discovery relied on a multidisciplinary scientific methodology, combining classical texts such as Al-Tabaqat al-Kubra by Ibn Sa'd with extensive field surveys and GIS mapping of ancient trade corridors.

Recent field studies at the site have uncovered substantial archaeological remains, including a large, square-shaped Khan or caravansary, an adjacent major water reservoir, and sophisticated irrigation systems constructed along the Atlah Valley. Residual foundations of ancient structures remain scattered throughout the area, indicating that the historical buildings once spanned approximately ten dunams, flanked by vast alluvial plains that remain agriculturally active today. Spatial studies of the Ghor Route within the Elaf Path suggest that Dhat Atlah served as a central logistics hub where caravans would find accommodation before proceeding to the stations of Ghor Al-Safi and Al-Zarah on their journey toward Bosra al-Sham.

The identification of Dhat Atlah is a strategic asset for Jordan's national vision, carrying profound socio-economic and religious implications. It provides a physical link between the history of the Arabian Peninsula and the Levant, creating a spiritual corridor that is highly significant for tourists from the Gulf Cooperation Council (GCC) countries. Developing the Southern Ghor as a religious and historical landmark is expected to revitalize the economy by creating jobs in hospitality, tour guiding, and local crafts, thereby uplifting one of the region's economically challenged areas. Furthermore, the discovery reinforces Jordan's status as the Land of the Companions and strengthens its role in Islamic heritage preservation.

Academic and strategic lessons drawn from this research highlight the early diplomatic strategies of the Prophet in engaging tribes through dialogue and prove that Jordan served as the backbone of the pre-Islamic and early Islamic global economy. By confirming the historical role of the Quda'ah tribe in this

region and situating Dhat Atlah between the Southern Ghor and Wadi Araba along the Elaf trade route, the discovery stands as a definitive landmark in the early Islamic outreach toward the Levant.

Keywords: Archaeology, History, Heritage, Islamic Archaeology, Culture, Jordan, South Levant .

OCCUPATIONAL STRESS AND MENTAL HEALTH AMONG TEACHERS IN INCLUSIVE EDUCATION: A REVIEW

Mohita* and Sadhna Jain**

*Doctorate Scholar, Department of Human Development and Childhood Studies, Lady Irwin College, University of Delhi, New Delhi, India.

**Professor, Department of Human Development and Family Empowerment, Aditi Mahavidayala, University of Delhi, Delhi, India.

ABSTRACT

Inclusive education has become an important part of a educational system. With the introduction of inclusive education, the way teachers deliver education has changed and now they focus on providing equal educational opportunities for students with different learning needs. Inclusive education came into existence to provide equal opportunities for every students regardless of their abilities or disabilities but it has raised the responsibilities and expectations of teachers in provide education. By fulfilling these expectation and responsibilities such as addressing students behavioural issues, modifying teaching techniques for specially abled child, maintaining classroom, parents expectations, etc., teachers can face stress and this will lead to harm their mental health.

This review paper attempts to discuss the available literature on Occupational stress and Mental Health among Teachers in inclusive education. The review highlights teachers burnout, key stressors, their attitude, and discusses mental health issues. The challenges teachers face in implementing inclusive education are highlighted, and factors that contribute to teachers stress, such as workload and inadequate support from institution.

A systematic review was conducted using the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) framework across academic databases such as Google Scholar, Web of Science, PubMed, Scopus, Shodhganga, and PsycINFO by using keywords such as “Inclusive education,” “Teachers stress,” “Mental health,” and “Occupational stress.”

Peer-reviewed journal articles and relevant literature between 2010 and 2026 reviewed to combine findings.

The findings of the literature review indicate that teachers experienced occupational stress from factors such as increased workload, insufficient teachers training, increased expectations of parents, lack of resources, behaviour of special needs child, level of understanding of children’s needs, and inadequate emotional and institutional supports. The studies also show that there is a lack of training among teachers. While many studies have been done in western countries, there are limited Indian studies in this context, also there is a lack of comparative studies between general and special educators.

Keywords: Occupational stress, Inclusive education, stress, Mental health, Teachers well-being.

MULTI-CHANNEL SECURITY AND EMERGENCY ALERT SYSTEM FOR CAMPUS SAFETY

Levi Anyehechukwu Nwosu

Abia State University, Faculty of Computing and Cybernetic Sciences, Department of Artificial Intelligence and Robotics, Uturu, Abia State, Nigeria,

Cynthia Chideraa Nwosu

Alvan Ikoku Federal University of Education, Faculty of Sciences, Department of Computer & Robotics Education, Owerri, Imo State, Nigeria,

Abstract

Campus environments in Nigeria continue to face persistent security threats, ranging from cult-related violence and theft to medical emergencies and fire outbreaks, while the mechanisms available for incident reporting and emergency coordination remain fragmented and largely informal. This paper presents a multi-channel security and emergency alert system conceived to bridge this gap within institutional settings. The proposed platform supports emergency reporting through a Flutter-based Android application and an SMS fallback channel, ensuring accessibility under variable network conditions that are common in developing-region infrastructure. Key design decisions include: (i) a controlled-anonymity mechanism that encourages reporting of sensitive incidents while preserving administrative accountability; (ii) location-aware alert transmission powered by the Google Maps API; (iii) a real-time administrative dashboard built on Firebase Cloud Messaging and Firestore; and (iv) an embedded safety-awareness module supplying scenario-specific guidance before professional responders arrive. System development followed the Agile iterative methodology, and functional prototype evaluation across seven test scenarios confirmed successful alert transmission, notification delivery, and anonymity enforcement. The work addresses documented research gaps in the literature, particularly the co-absence of multi-channel communication, user-driven incident reporting, and preparedness education within a single platform, and contributes a replicable, extensible reference architecture for campus safety systems in bandwidth-constrained environments.

Keywords: emergency alert system, campus safety, multi-channel communication, incident reporting, Flutter, Firebase, controlled anonymity.

ORTAOKUL 6. SINIF ÖĞRENCILERININ ARGÜMAN OLUŞTURMA SÜRECINDE YAPAY ZEKÂDAN VEYA ÖĞRETMENDEN GERI BILDIRIM ALMALARININ ÖĞRENME ÜRÜNLERİNE ETKISI

Gözde SEVGEN[1]

Yüksek Lisans Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kocaeli, Türkiye

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-4532-5134

Ömer ACAR [2]

Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kocaeli, Türkiye

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9369-5539

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin argüman oluşturma sürecinde farklı geri bildirim tekniklerinin öğrencilerin üstbilişsel farkındalıkları, epistemik bilişsel becerileri ve mantıksal düşünme yetenekleri üzerindeki etkisini incelemektir. Ayrıca araştırmada araştırılan geri bildirim türlerinden olan yapay zekâ tarafından verilen geri bildirimlerin Toulmin'in argüman basamaklarına göre doğruluk oranı belirlenmiştir. Araştırma nicel araştırma yöntemlerinden yarı deneysel desen tasarımında yürütülmüştür. Çalışma, 2025-2026 eğitim öğretim yılının birinci döneminde Kocaeli ili Körfez ilçesindeki bir ortaokulda eğitim gören 82 adet 6. sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Bu öğrencilerin 29'u öğretmen geri bildiriminin uygulandığı deney grubunda, 27'si yapay zekâ geri bildiriminin uygulandığı deney grubunda, 26'sı ise kontrol grubunda yer almıştır. Çalışmada, yapay zekâ ve öğretmen geri bildirimin uygulandığı deney gruplarına argümantasyon etkinlikleri uygulanmış ve ardından ilgili geri bildirimler verilmiştir. Öğrenciler aldıkları geri bildirimler doğrultusunda argümanlarını revize etmişlerdir. Kontrol grubundaki öğrencilere ise argümantasyon etkinlikleri uygulanmış ancak bu gruba herhangi bir geri bildirim verilmemiştir. Veriler, üstbilişsel farkındalık, epistemik bilişsel beceri ve mantıksal düşünme yeteneğine ilişkin ön test ve son test ölçümleri ile yapay zekânın verdiği geri bildirimlerden elde edilmiştir. Verilerin analizinde kovaryans analizi (ANCOVA), bağımlı gruplar t-testi ve yüzde hesaplamaları kullanılmıştır.

Araştırma bulguları, yapay zekâ tarafından verilen geri bildirimlerin genel doğruluk oranının %85.43 olduğunu göstermiştir. Toulmin'in argüman basamakları açısından en yüksek doğruluk oranı çürütücü basamağında, en düşük doğruluk oranı ise gerekçe basamağında elde edilmiştir. ANCOVA sonuçlarına göre, farklı geri bildirim tekniklerinin öğrencilerin üstbilişsel farkındalıkları, epistemik bilişsel becerileri ve mantıksal düşünme yetenekleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Bununla birlikte, grup içi gelişim analizlerinde üstbilişsel farkındalık becerisinde yalnızca bir grupta, mantıksal düşünme becerisinde ise iki grupta anlamlı gelişim görülmüştür. Epistemik bilişsel becerilerde ise hiçbir grupta anlamlı gelişim belirlenmemiştir. Sonuç olarak, yapay zekâ geri bildirimlerinin genel olarak yüksek doğruluk oranına sahip olduğu; ancak farklı geri bildirim tekniklerinin öğrencilerin üst düzey bilişsel becerileri üzerinde gruplar arası anlamlı bir farklılık oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: argümantasyon, yapay zekâ geri bildirimi, Toulmin argüman modeli, üstbilişsel farkındalık, epistemik bilişsel beceri, mantıksal düşünme yeteneği.

THE EFFECTS OF RECEIVING FEEDBACK FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR THE TEACHER ON LEARNING DURING THE ARGUMENT CONSTRUCTION PROCESS OF 6TH GRADE MIDDLE SCHOOL STUDENTS

ABSTRACT

This study examined the effects of different feedback techniques used in argument construction on 6th-grade students' metacognitive awareness, epistemic cognitive skills, and logical thinking abilities. It also determined the accuracy rate of artificial intelligence feedback according to Toulmin's argument components. The research was conducted with a quasi-experimental design. The study included 82 sixth-grade students enrolled in a middle school in Körfez, Kocaeli, in the 2025–2026 academic year. Of these students, 29 were in the experimental group receiving teacher feedback, 27 were in the experimental group receiving artificial intelligence feedback, and 26 were in the control group. Argumentation activities were implemented in the experimental groups, and feedback was provided. Students revised their arguments in line with the feedback received. In the control group, argumentation activities were implemented; however, no feedback was provided. Data were obtained from pretest and posttest measurements of metacognitive awareness, epistemic cognitive skills, and logical thinking ability, and from the artificial intelligence feedback. Data were analyzed using ANCOVA, paired-samples t-test, and percentage calculations.

The findings showed that the accuracy rate of artificial intelligence feedback was 85.43%. Regarding Toulmin's argument components, the highest accuracy rate was obtained for the rebuttal component, whereas the lowest was obtained for the warrant component. ANCOVA results indicated that different feedback techniques did not have a significant effect on students' metacognitive awareness, epistemic cognitive skills, or logical thinking abilities. Besides, within-group analyses revealed significant improvement in metacognitive awareness in only one group and in logical thinking ability in two groups. No significant improvement was found in epistemic cognitive skills in any group. In conclusion, artificial intelligence feedback had a high accuracy rate; however, different feedback techniques did not create a significant between-group difference in students' higher-order thinking skills.

Keywords: argumentation, artificial intelligence feedback, Toulmin's argument model, metacognitive awareness, epistemic cognitive skills, logical thinking ability.

BAZI TİPDE LİNEER OLMAYAN İNTEGRAL OPERATÖRLER AİLESİNİN KARAKTERİSTİK NOKTALARDA YAKINSAKLIĞI

***Sevgi ESEN ALMALI*[1]**

[1]Doç.Dr., Kırıkkale Üniversite, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakülte, Matematik Bölüm, Kırıkkale, Türkiye.

[1]ORCID ID: 0000-0002-3935-0

ÖZET

Bu çalışmada bazı lineer olmayan integral operatörler ailesinin L_1- uzayında olan fonksiyonlar için Lebesgue noktasında ki yakınsaklığı incelenecektir.

Yaklaşım teorisinde integral operatörler ailelerinin yaklaşımını bulma problemlerinde lineer olmayan integral operatörler aileleri yakınsaklığı ve yakınsaklık hızı birçok bilim insanı tarafından ilgi görmüş ve bu alanda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları; Gadjiev in önemli çalışmaları mevcuttur. Karslı ve Gupta, birinci tür süreksizliğe sahip bir x noktasında sınırlı-salınımlı fonksiyonlar için

$$T_\square(f,x) = \int_a^b K_\square\big(t-x, f(t)\big)dt, \quad x\square(a,b).$$

Biçiminde ki belli tipten lineer olmayan integral operatörlerin yakınsaklık hızını ve □-genelleştirilmiş Lebesgue noktasında yakınsaklığını incelemişlerdir. Diğer taraftan, Uysal ve İbikli,

$$T_\square(f,x) = \int_D K_\square\big(t-x, f(t)\big)dt \quad x\square(a,b), \square\square\square.$$

şeklinde ki konvolüsyon tipli lineer olmayan integral operatör ailelerinin ağırlıklı yakınsaklığını göstermişlerdir. Yine Bardaro ve diğerleri

$$T_\square(f,x) = \int_0^\infty K_\square\big(x,z,f(z)\big)\frac{dz}{z}, \qquad x>0, \square\square\square.$$

biçiminde ki lineer olmayan integral operatörler ailesi için noktasal yakınsaklığı ve yakınsama hızı ile ilgili sonuçlar elde etmişlerdir.

Angeloni, aşağıdaki lineer olmayan integral operatörler ailesinin özelliklerini araştırmıştır.

$$(T_W F)(s) = \int_{R^n} K_W\big(t, f(s-t)\big)dt, \qquad W>0, s\square R$$

Bardaro ve diğerleri tarafından hazırlanan monografide, lineer olmayan integral operatörleri ve uygulamaları ile ilgili sonuçlar yer almaktadır.

Bizim bu çalışmamız da,

$$L_\square(u,x) = \int_R K_\square\big(x,t,u(t)\big)dt$$

biçiminde lineer olmayan integral operatör ailesinin L_1 uzayındaki fonksiyonların Lebesgue noktasında yakınsaklığı çalışılmıştır. Burada $K_\square\big(x,t,u(t)\big)$ çekirdeği analitik fonksiyondur. Bu çalışmada iki teorem ispat edilecektir

Anahtar Kelimeler: Yakınsaklık,lineer olmayan integral operatörler, Lebesgue noktası.

CONVERGENCE OF SOME TYPES OF NONLINEAR INTEGRAL OPERATOR FAMILIES AT CHARACTERISTIC POINTS

ABSTRACT

This study will examine the convergence of some nonlinear integral operator families at the Lebesgue point for functions in the L_1-space. In approximation theory, the convergence and convergence rate of nonlinear integral operator families have been of interest to many scientists in finding the approximation of integral operator families, and studies have been conducted in this field. Some of these studies include important works by Gadjiev. Karslı and Gupta, for bounded-oscillatory functions at a point x with a first-kind discontinuity:

$$T_{\square}(f,x) = \int_a^b K_{\square}\big(t-x, f(t)\big)dt, \quad x\square(a,b).$$

They investigated the convergence rate of certain types of nonlinear integral operators of the form and their convergence at the □-generalized Lebesgue point. On the other hand, Uysal and İbikli showed the weighted convergence of convolution-type nonlinear integral operator families of the form:

$$T_{\square}(f,x) = \int_D K_{\square}\big(t-x, f(t)\big)dt \quad x\square(a,b), \square\square\square.$$

Similarly, Bardaro et al. obtained results regarding pointwise convergence and convergence rate for the nonlinear integral operator family of the form:

$$T_{\square}(f,x) = \int_0^{\infty} K_{\square}\big(x,z,f(z)\big)\frac{dz}{z}, \qquad x>0, \square\square\square.$$

Angeloni investigated the properties of the following family of nonlinear integral operators:

$$(T_W F)(s) = \int_{R^n} K_W\big(t, f(s-t)\big)dt, \qquad W>0, s\square R$$

The monograph prepared by Bardaro et al. contains results regarding nonlinear integral operators and their applications.

In our study, the convergence of functions in the L_1 space of the family of nonlinear integral operators of the form:

$$L_{\square}(u,x) = \int_R K_{\square}\big(x,t,u(t)\big)dt$$

is studied at the Lebesgue point. Here, the kernel $K_{\square}\big(x,t,u(t)\big)$ is an analytic function. Here,

Two theorems will be proven here.

Keywords: Convergence, nonlinear integral operatör, Lebesgue points.

KAYNAKLAR

[1]. Karsli H, Gupta V. Rate of convergence of nonlinear integral operators for functions of bounded variation. *Calcolo*. 2008;45(2):87-98.

[2]. Uysal G, Ibikli E. A note on nonlinear singular integral operators depending on two parameters. *New TrendsMath Sci*. 2016;4(1):104-114.

[3]. Bardaro C, Vinti G, Karsli H. Nonlinear integral operators with homogeneous kernels: pointwise approximation theorems. *Appl Anal*. 2011;90(3-4):463-474.

[4]. Angeloni L, Vinti G. Convergence in variation and rate of approximation for nonlinear integral operators of convolution type. *Res Math*. 2010;57(2):387-391.

[5]. Angeloni L. Approximation results with respect to multidimensional Φ-variation for nonlinear integral operators. *Z Anal Anwend*. 2013;32(1):103-128.

[6]. Esen Almali S, Gadjiev AD. On approximation properties of certain multidimensional nonlinear integrals. *J Nonlinear Sci Appl*. 2016;9(5):3090-3097.

[7]. Bardaro C, Musielak J, Vinti G. Nonlinear integral operators and applications. De Gruyter Series in Nonlinear Analysis and Applications. 2003;9(xii+201).

[8]. Gadjiev AD. On the closeness to zero of family of nonlinear integral operators of Hammerstein. *Izvestiya Akad Nauk Azerbaijan SSR,*. 1966;2:32-34. (Russian).

[9]. Butzer PL, Nessel RJ. *Fourier Analysis and Approximation*. New York and London: Academic Press; 1971 iki teorem ispatlanacaktır.

POZİTİF ÇEKİRDEKLİ İNTEGRAL OPERATÖRLER AİLESİNİN FONKSİYONLARA NOKTASAL YAKINSAKLIĞI

Sevgi ESEN ALMALI[1]

[1]Doç.Dr., Kırıkkale Üniversite, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakülte,Matematik Bölüm, Kırıkkale, Türkiye.

[1]ORCID ID: 0000-0002-3935-0

ÖZET.

Bu çalışmada konvolüsyon tipli olmayan integral operatörler ailesinin fonksiyonlara noktasal yakınsaklığı incelenmiştir.

Yaklaşım teorisi Analizin bir kolu olarak son zamanlarda bir çok bilim insanı tarafından popüleritesi artmış dolayısıyla çalışmalar geniş alana yayılmıştır. Bu çalışmalar gerek lineer pozitif operatörleri gerekse integral operatörler ailelerin yakınsaklığı ve yakınsaklık hızları kapsamaktadır. İntegral operatörler ailelerin yakınsaklık ve yakınsaklık hızları karakteristik noktalarda incelenmiştir. Bu çalışmalara örnek olarak Gadjiev-1963, İbragimov and Gadjiev-1973, Mamedov-1963, Butzer-1960 monografi olarak; Altomare-1994, Natanson-1964, Butzer-1971 verebiliriz. Daha sonraları bu çalışmalar daha genişlemiştir. Lineer ,lineer olmayan integral operatörler, konvolüsyon tipli, konvolüsyon olmayan integral operatörler ailelerinin karakteristik noktalarında yakınsaklık ve yakınsaklık hızları bir çok bilim insanı tarafından incelenmiştir.

Bu çalışmada integrallenebilir fonksiyonların karakteristik noktalarında pozitif çekirdekli konvolüsyon tipli olmayan integral operatörler ailesinin noktasal yaklaşımı incelenmiştir. Yani,

$$L_\lambda(f;x)=\int_A^B f(t)K_\lambda(t,x)dt,\ \lambda>0, x\in[a,b]$$

şeklin de konvolüsyon tipli olmayan integral operatörler ailesinin yakınsaklığı geniş çaplı incelenmiştir. Bu çalışma da bize gerekli olan tanımı aşağıda verelim:

Tanım: $K_\lambda(t,x)$ fonksiyonu 0 reel parametresine bağlı, $t\in[A,B]$, $x\in[a,b]$ bağlı iki değişkenli fonksiyon olmak üzere aşağıdak, şartlarını sağlıyorsa A-şartını sağlıyor diyeceğiz:

1. $\lim_{\lambda\to\infty}\int_A^B K_\lambda(t,x)dt=1,\quad herhangi\ sabit\ x\in[a,b].$

2. Herhangi bir $t\neq x$ ve herhangi bir $x\in[a,b]$ için

$$(x-t)\frac{\partial K_\lambda(t,x)}{\partial t}>0$$

olacak şekilde $x\in[a,b]$ vardır.

3. Herhangi bir $x\in[a,b]$ herhangi bir sabit $\rho>0$ için

$$\lim_{\lambda\to\infty}K_\lambda(x\pm\rho,x)=0$$

sağlanır.

Anahtar Kelime: Konvolüsyon tipli olmayan integral operatörler, pozitif çekirdek, noktasal yakınsaklık.

POINTWISE CONVERGENCE OF FUNCTION BY THE FAMILY OF INTEGRAL OPERATORS WITH POZITIVE KERNELS

ABSTRACT

This study examines the pointwise convergence of a family of non-convolutional integral operators to functions. Approximation theory, as a branch of analysis, has recently gained popularity among many scientists, leading to a wide range of research. This research encompasses the convergence and convergence rates of both linear positive operators and families of integral operators. The convergence and convergence rates of families of integral operators have been studied at characteristic points. Examples of such studies include monographs by Gadjiev (1963), Ibragimov and Gadjiev (1973), Mamedov (1963), and Butzer (1960); and later studies by Altomare (1994), Natanson (1964), and Butzer (1971). These studies have since expanded further. The convergence and convergence rates of linear, nonlinear, convolutional, and non-convolutional integral operator families at their characteristic points have been studied by numerous scientists.

In this study, the pointwise approximation of the family of non-convolutional integral operators with positive kernels at the characteristic points of integrable functions is examined. That is,

$$L_\lambda(f;x)=\int_A^B f(t)K_\lambda(t,x)dt,\ \lambda>0, x\in[a,b]$$

the convergence of the family of non-convolutional integral operators is extensively examined in the figure. In this study, we give the definition we need below.

Definition: $K_\lambda(t,x)$ of two variables t$\in[A,B]$, x$\in[a,b]$ depending on real parameter $\in$0 , satisfied called the condition (A), if the following are holds:

1. $\lim_{\lambda\to\infty}\int_A^B K_\lambda(t,x)dt=1,$ for any fixed x$\in[a,b]$.
2. For any $t\neq$ $_x$ ve any x$\in[a,b]$, there is exist a point $_x\in[A,B]$ such that
$$(_x-t)\frac{\partial K_\lambda(t,x)}{\partial t}>0$$
3. For any x$\in[a,b]$ and any fixed $\rho>0$,
$$\lim_{\lambda\to\infty}K_\lambda(_x\pm\rho,x)=0$$
holds.

Keywords: Non-convolutional integral operators, positive kernel, pointwise convergence

KAYNAKLAR

[1]. Gadjiev A.D. *On the order of convergence of some class of singular integrals*. // Izvestiya Acad. Sci. of Azerbaijan SSSR 1963, № 6, p.27-31 (in Russian)

[2]. Ibragimov I.I., Gadjiev A.D. *On the order of convergence of singular integrals of Cauchy-Stielties type.* // Dok1. Acad. Nauk SSSR, 1973, v. 212, № 1, p. 23-26 (in Russian)

[3]. Mamedov R.G. *On the order of convergence of m -singular integrals in generalized Lebesgue points and in L p* (−∞,∞) . // Izv.Acad. Nauk USSR ser. math., 27 (1963), 287-304.

[4]. Butzer P.L. *Representation and approximation of functions by general singular integrals*. // Proceeding Konikel. Nederland. Acad. Wet. 63 (1960), p.1-24.

[5]. Altomare F., Campiti M. *Korovkin type approximation theory and its applications.* // Wather de

Cruyter, Berlin and New York (1994). Transactions of NAS [Approximation of functions]
61
[6]. Natanson I.P. *Constructive functions theory*. // (Translated by Alexis N. Obolensky), Fredrick Ungan Publishing Co., New York (1964).
[7]. Butzer P.L., Nessel J.R. *Fourier analysis and approximation one-dimensional theory.* // v.1., United States Edition published by Academic Press, Inc. New York and London (1971).

DIGITAL VALIDATION-SEEKING AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN ADOLESCENTS: A NARRATIVE REVIEW

Prerna Arora[*] and Sadhna Jain[**]

ABSTRACT

The growing integration of digital platforms into our daily lives have profoundly impacted adolescent's self-perception and desire for social approval. Likes, comments, views, and follower counts are common indicators of online recognition, which has helped build a "digital self" focused on peer approval and online validation. Adolescents who consistently seek approval on social media report to have higher levels of social comparison, emotional reliance, anxiety, depressive symptoms, and poorer psychological well-being.

A relevant literature search across Google Scholar, PubMed, Scopus, and PsycINFO using keywords such as "digital validation-seeking," "adolescent well-being," "social media identity formation," and "frustration tolerance" was conducted. The inclusion of studies published between 2015 and 2026 was taken into consideration. English-language peer-reviewed journal publications about adolescents between the ages of 10 and 19 were given priority.

Research shows that feedback-oriented self-presentation is consistently linked to increased internalising symptoms and emotional discomfort. This includes upward social comparison, curated self-display, and compulsive engagement monitoring. Screen time alone has less of an impact on psychological consequences than the kind and purpose of online involvement. Adolescents use social media as a crucial platform for identity exploration, navigating the conflict between being true to themselves and fitting in with their peers. Empirical research has connected identity-related confusion resulting from this process to depressed symptoms, low self-esteem, and diminished academic self-efficacy.

In a collection of existing literature while much research has been done in Western environments, adolescents from semi-urban and rural Indian contexts are still comparatively under-represented. There hasn't been enough empirical research done on how parental emotional support, frustration tolerance, and emotional intelligence influence adolescent's dependence on digital validation. The results have implications for the development of culturally responsive, school-based socio-emotional interventions and parental awareness frameworks appropriate for the Indian setting, and they provide a conceptual basis for further empirical research.

Keywords: Adolescent, Digital Validation Seeking, Online engagement, psychological well-being, social comparison

INTERNATIONALIZATION OF THE CURRICULUM: REIMAGINING HUMAN-CENTRED LEARNING AND TEACHING INNOVATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Marcos Pérez Mendoza[1]

[1]Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, Mexico.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5194-8366

María Cruz Cuevas Álvarez[2]

[2] Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, Mexico.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2349-5344

Miguel Armando Vélez Téllez[3]

[3] Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, Mexico.

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-9133-9684

Abstract

The aim of this paper is to characterize how educators implement human-centred, innovative teaching practices within the AI era, identifying strategies that foster meaningful teacher-student relationships, learner agency, and ethical engagement with technology. As Artificial Intelligence rapidly reshapes the educational landscape, professors are faced to either optimizing learning processes or to empower and elevate education. While Artificial Intelligence offers transformative potential, enabling personalization, efficiency, and data-driven insights, it also risks diminishing the relational, ethical, and creative dimensions in education if left unsupervised. To counter this, innovative teaching practices are implemented to prioritize human connection, critical thinking, and emotional intelligence alongside technical fluency. Through qualitative case study approach and emerging frameworks detected in the documentary and literature review, it is demonstrated how adaptive pedagogies, collaborative problem-solving approaches, and experiential learning designs can integrate Artificial Intelligence without sacrificing the agency, empathy and the voice of learners. Findings indicate that educators must lead the way iin redefining success in education, moving beyond the digital competence towards the fostering of empathetic students, reflective actors, and critical thinkers.

Keywords: Internationalization, Internationalization of the Curriculum, Human-Centred Learning.

THE PRINCIPLE OF FAIR TRIAL IN CIVIL PROCEDURE UNDER THE LEGISLATION OF KOSOVO

Prof. Ass. Dr. Kastriote Vlahna[1]

University "Ukshin Hoti" Prizren, Faculty of Law, Prizren, Kosovo.

Abstract

The principle of a fair trial constitutes one of the most important guarantees for the protection of human rights and the effective functioning of the judiciary in democratic societies. This principle is guaranteed by the Constitution of the Republic of Kosovo, the European Convention on Human Rights, and other international legal instruments that form part of Kosovo's legal order. In civil proceedings, the right to a fair trial includes several essential procedural guarantees such as equality of parties, access to justice, impartiality and independence of courts, the right to be heard, legal certainty, and adjudication within a reasonable time.

This paper analyzes the implementation of the principle of a fair trial within the civil procedure system of Kosovo, focusing on both the normative framework and practical judicial challenges. Particular attention is devoted to procedural delays, court backlog, inconsistent judicial practice, and the impact of institutional inefficiency on the realization of procedural rights. The study further examines the extent to which Kosovo's legislation is harmonized with European standards established by the jurisprudence of the European Court of Human Rights.

Through a comparative and analytical methodology, the paper evaluates the effectiveness of procedural safeguards and the role of judicial reforms in strengthening public trust in the judiciary. The study also addresses the importance of procedural transparency and legal remedies in ensuring the protection of parties in civil litigation. Finally, the paper proposes several institutional and legislative recommendations aimed at improving judicial efficiency, strengthening procedural guarantees, and enhancing compliance with international standards of fair trial protection.

Keywords: fair trial, civil procedure, access to justice, legal certainty, Kosovo judiciary

EFFICIENCY OF CIVIL PROCEEDINGS AND JUDICIAL DELAYS IN KOSOVO

Prof. Ass. Dr. Kastriote Vlahna[1]

University "Ukshin Hoti" Prizren, Faculty of Law, Prizren, Kosovo.

Abstract

Judicial efficiency represents one of the fundamental elements of the rule of law and an effective justice system. In transitional legal systems such as Kosovo, civil proceedings continue to face numerous challenges related to excessive duration of cases, procedural inefficiency, and limited judicial capacity. Delays in civil litigation negatively affect legal certainty, economic development, and public confidence in judicial institutions. Therefore, the establishment of an efficient and accessible civil justice system remains a significant institutional priority.

This paper examines the legal and practical causes of judicial delays in civil proceedings in Kosovo, including case backlog, insufficient number of judges, procedural complexity, and administrative shortcomings within the judiciary. The study analyzes the legal framework regulating civil procedure and evaluates whether existing procedural mechanisms effectively guarantee adjudication within a reasonable time in accordance with constitutional and European legal standards.

Particular attention is devoted to the jurisprudence of the European Court of Human Rights concerning the right to trial within a reasonable time and its relevance to Kosovo's judicial system. The paper also examines the impact of judicial reforms, digitalization of courts, and procedural modernization on the efficiency of civil proceedings. By applying comparative and normative methods, the study identifies the principal institutional obstacles affecting judicial effectiveness and proposes recommendations aimed at reducing procedural delays, improving court administration, and strengthening public trust in the civil justice system.

Keywords: civil proceedings, judicial efficiency, procedural delays, access to justice, Kosovo courts

TAX ADMINISTRATION AND LEGAL CERTAINTY IN KOSOVO

Dafina VLAHNA[1]

[1]University "Hasan Prishtina" Prstina, Faculty of Law, Department of Financial Law, Pristina, Kosovo.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1977-4076

Abstract

Legal certainty is one of the fundamental principles of a democratic legal system and an essential component of effective tax administration. The relationship between taxpayers and tax authorities must be based on transparency, predictability, accountability, and equal treatment before the law. In Kosovo, ongoing fiscal reforms and the modernization of public administration have aimed to strengthen institutional efficiency and align the domestic tax system with European and international standards.

This paper analyzes the concept of legal certainty within the framework of tax administration in Kosovo, focusing on procedural guarantees, taxpayers' rights, and institutional transparency. The study examines the legal framework regulating tax obligations, administrative procedures, tax inspections, and available legal remedies against decisions of tax authorities. Particular attention is devoted to challenges related to inconsistent interpretation of tax legislation, administrative discretion, and limited legal predictability for businesses and individuals.

The paper further evaluates the effectiveness of Kosovo's tax institutions in ensuring fair treatment of taxpayers and combating tax evasion while maintaining compliance with the principles of good governance and rule of law. Through comparative analysis with European legal standards and selected fiscal systems, the study identifies institutional shortcomings and proposes recommendations aimed at strengthening legal certainty, improving tax administration efficiency, and increasing public trust in fiscal institutions.

Keywords: tax administration, legal certainty, taxpayer rights, fiscal law, Kosovo

ANTI-MONEY LAUNDERING AND FINANCIAL TRANSPARENCY IN KOSOVO

Dafina VLAHNA[1]

[1]University "Hasan Prishtina" Prstina, Faculty of Law, Department of Financial Law, Pristina, Kosovo.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1977-4076

Abstract

The prevention of money laundering and the promotion of financial transparency have become major priorities for states and international financial institutions due to the growing risks posed by organized crime, corruption, and illegal financial activities. Effective anti-money laundering mechanisms are essential for protecting the integrity of financial systems, strengthening the rule of law, and ensuring economic stability. As part of its European integration efforts, Kosovo has adopted several legislative and institutional reforms aimed at harmonizing its legal framework with international anti-money laundering standards.

This paper examines the legal and institutional framework governing anti-money laundering measures and financial transparency in Kosovo. The study analyzes the role of financial institutions, supervisory authorities, and law enforcement agencies in detecting and preventing suspicious financial transactions. Particular attention is devoted to international standards established by organizations such as the Financial Action Task Force (FATF) and the European Union.

The paper further addresses the challenges faced by Kosovo in combating financial crimes, including the informal economy, corruption, weak institutional coordination, and limitations in international cooperation. Through comparative and analytical methods, the study evaluates the effectiveness of existing preventive and punitive mechanisms and examines the extent to which Kosovo complies with international obligations in this field. Finally, the paper proposes recommendations aimed at strengthening institutional accountability, increasing financial transparency, and improving the effectiveness of anti-money laundering policies.

Keywords: money laundering, financial transparency, financial crime, anti-money laundering, Kosovo

JURİSDİCTİON AND APPLİCABLE LAW İN INTERNATİONAL FAMİLY DİSPUTES

Phd. Cand. Argona KUÇI

PhD. Cand. South Eastern European University, Graduated in Master Studies, Chicago-Kent, College of Law

Abstract

International family disputes have become increasingly common as a result of globalization, migration, and the growing number of transnational marriages and family relationships. Questions related to jurisdiction and applicable law in matters such as divorce, child custody, parental responsibility, and maintenance obligations represent some of the most complex issues in private international law. Determining which court has jurisdiction and which legal system should apply directly affects the protection of family rights and the best interests of children involved in international disputes.

This paper examines the legal framework governing jurisdiction and applicable law in international family disputes under Kosovo legislation and international legal instruments. The study analyzes domestic legal provisions alongside relevant international conventions and European legal principles that regulate cross-border family relations. Particular attention is devoted to conflicts of jurisdiction, recognition of foreign family judgments, and the protection of children's rights in international proceedings.

The paper also addresses practical challenges faced by judicial institutions in resolving family disputes involving foreign elements, including difficulties related to international cooperation, enforcement of foreign decisions, and differences between legal systems. Through comparative analysis with European legal standards and international judicial practice, the study evaluates the effectiveness of Kosovo's current legal framework and identifies areas requiring further reform. The paper concludes with recommendations aimed at improving legal certainty, strengthening judicial cooperation, and ensuring more effective protection of family rights in international legal relations.

Keywords: private international law, family disputes, jurisdiction, applicable law, international cooperation

RECOGNİTİON AND ENFORCEMENT OF FOREİGN JUDGMENTS İN KOSOVO

Phd. Cand. Argona KUÇI

PhD. Cand. South Eastern European University, Graduated in Master Studies, Chicago-Kent, College of Law

Abstract

The recognition and enforcement of foreign judgments represent essential mechanisms for international legal cooperation and the effective protection of private rights in transnational legal relations. Due to globalization, increased migration, and international commercial activity, courts are increasingly confronted with disputes containing foreign elements that require cooperation between different legal systems. In this context, the recognition of foreign judicial decisions plays a crucial role in ensuring legal certainty, judicial effectiveness, and protection of the rights of parties involved in international disputes.

This paper analyzes the legal framework governing the recognition and enforcement of foreign judgments in Kosovo, focusing on procedural conditions, jurisdictional issues, reciprocity, and public policy limitations. The study examines the extent to which Kosovo's legal framework complies with international standards and European legal principles in the field of private international law. Particular attention is devoted to practical challenges faced by domestic courts when dealing with foreign judicial decisions in civil and commercial matters.

The paper further analyzes the role of bilateral and international agreements in facilitating judicial cooperation and examines comparative approaches adopted by European Union member states. Through comparative and analytical methodology, the study evaluates the effectiveness of existing legal mechanisms and identifies the main institutional and procedural obstacles affecting the enforcement process. Finally, the paper proposes recommendations aimed at strengthening judicial cooperation, increasing legal predictability, and improving the efficiency of recognition and enforcement procedures in Kosovo.

Keywords: foreign judgments, private international law, judicial cooperation, enforcement, Kosovo law.

CYBERCRIME AND CRIMINAL LAW CHALLENGES IN THE DIGITAL ERA

Phd. Cand. Triumf SADIKAJ

South East European University, Faculty of Law, Tetovo, North Macedonia

ORCID: https://orcid.org/0009-0001-8321-0868

Abstract

Rapid technological development and digital transformation have significantly influenced modern society, creating new opportunities but also new forms of criminal activity. Cybercrime has emerged as one of the most complex challenges for criminal justice systems due to its transnational nature, technological sophistication, and the difficulty of identifying perpetrators. Crimes committed through digital technologies, including unauthorized access to computer systems, online fraud, identity theft, and misuse of personal data, pose serious threats to individuals, institutions, and national security.

This paper analyzes the legal framework regulating cybercrime in Kosovo and examines the effectiveness of criminal law mechanisms in addressing offenses committed in cyberspace. The study focuses on substantive and procedural criminal law provisions related to digital evidence, cyber investigations, and international cooperation in combating cybercrime. Particular attention is devoted to the harmonization of Kosovo's legislation with international conventions and European Union standards in the field of cyber security and digital criminal justice.

The paper also examines institutional and practical challenges faced by law enforcement authorities, including technological limitations, lack of specialized expertise, and difficulties related to cross-border investigations. Through comparative and analytical methodology, the study evaluates the adequacy of existing legal measures and proposes recommendations aimed at strengthening institutional capacities, improving cyber security policies, and ensuring more effective prosecution of cyber-related offenses.

Keywords: cybercrime, criminal law, digital evidence, cyber security, Kosovo.

CORRUPTION AS A CHALLENGE TO THE RULE OF LAW IN KOSOVO

Phd. Cand. Triumf SADIKAJ

South East European University, Faculty of Law, Tetovo, North Macedonia

ORCID: https://orcid.org/0009-0001-8321-0868

Abstract

Corruption remains one of the most serious threats to democratic governance, institutional integrity, and the rule of law in transitional societies. The presence of corruption undermines public trust in state institutions, weakens economic development, and negatively affects the functioning of justice systems. Despite ongoing legal reforms and institutional efforts, corruption continues to represent a significant challenge in Kosovo, particularly in the public sector and judicial institutions.

This paper examines the criminal law framework addressing corruption offenses in Kosovo, including bribery, abuse of official position, conflict of interest, and misuse of public authority. The study analyzes the effectiveness of anti-corruption institutions, prosecutorial mechanisms, and judicial practice in investigating and prosecuting corruption-related crimes. Particular attention is devoted to the relationship between corruption and the broader principles of rule of law, transparency, accountability, and good governance.

The paper further evaluates Kosovo's anti-corruption legislation in light of international standards and European legal obligations related to the fight against corruption. Through comparative and normative analysis, the study identifies the principal legal and institutional obstacles affecting the effectiveness of anti-corruption policies. Finally, the paper proposes recommendations aimed at strengthening institutional independence, improving judicial accountability, increasing transparency, and enhancing public confidence in the criminal justice system.

Keywords: corruption, criminal law, rule of law, anti-corruption, Kosovo.

THE EFFECT OF CARBON EMISSION DISCLOSURE ON FIRM VALUE: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE AS A MODERATING VARIABLE

Hana Vauziyah [1)], Afan Rifan Hakim[2)], Khafidhotul Afida[3)], Alfat Ibnu Firdan[4)].

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Accounting, Central Java, Indonesia

Abstract

This study evaluates the impact of carbon emission disclosure on firm value within the framework of Sharia accounting, while examining environmental performance as a moderating variable. By integrating modern corporate transparency with the Islamic principle of Maslahah (public interest) and stewardship (Khilafah), this research analyzes how artificial intelligence (AI) tools optimize the extraction of unstructured environmental data to improve market evaluation of Sharia-compliant firms. This research employs a qualitative literature review (studi pustaka) by analyzing extensive academic journals, Islamic economic treatises, and regulatory frameworks published between 2020 and 2026. The study synthesizes contemporary sustainability accounting theories with Islamic jurisprudence regarding environmental protection (Hifdh al-Biah). Furthermore, it evaluates how AI-driven natural language processing (NLP) algorithms process carbon disclosure data to eliminate human bias in traditional content analysis. The literature synthesis reveals that carbon emission disclosure significantly and positively influences firm value, as ethical investors place a premium on transparent companies. Superior environmental performance strengthens this relationship, serving as a validation mechanism against corporate greenwashing. From an Islamic accounting perspective, comprehensive carbon reporting fulfills accountability (Taklif) toward both God and society. Additionally, integrating AI into sustainability reporting enhances data reliability, thereby reducing information asymmetry in Sharia capital markets. Regulators can utilize these insights to formulate standardized, AI-compatible carbon accounting guidelines that align with both global ESG metrics and Islamic ethical values. For managers of Sharia-compliant corporations, leveraging AI for environmental reporting represents an operational necessity to attract sustainability-focused capital. This study bridges a critical gap in the literature by conceptualizing carbon disclosure through a dual lens of Sharia accounting philosophy and artificial intelligence capabilities, providing a novel framework for modern Islamic environmental governance.

Keywords: Carbon Disclosure, Firm Value, Sharia Accounting, Environmental Performance, Artificial Intelligence.

HUMAN READINESS FOR AN AI-DRIVEN FUTURE: THE ROLE OF AWARENESS, TRUST, RISK PERCEPTION, AND CAREER EXPECTATIONS

Kreshnik VUKATANA

University of Tirana, Faculty of Economy, Department of Statistics and Applied Informatics, Tirana, Albania

ORCID ID: 0000-0002-8779-0767

Anxhela FERHATAJ

University of Tirana, Faculty of Economy, Department of Statistics and Applied Informatics, Tirana, Albania

ORCID ID: 0000-0002-1054-2351

ABSTRACT

Artificial intelligence is increasingly shaping how individuals learn, work, communicate, and plan their future careers. However, readiness for an AI-driven future cannot be explained only by technological access or general optimism toward innovation. It also depends on how individuals understand AI, whom they trust, what risks they perceive, and whether they believe AI can support future career opportunities. This study examines readiness for an AI-driven future in Albania, an emerging digital context where AI adoption is expanding alongside uncertainty about employment, governance, and social impact. A quantitative survey was conducted with 230 respondents between June and August 2025. The study analysed four predictors of readiness: AI awareness, trust in AI-related actors, perceived AI-related risk, and career expectations. Descriptive statistics, Spearman's rank-order correlations, and logistic regression were used to examine the relationships among the variables.

The results showed that AI awareness was positively associated with readiness and emerged as the strongest predictor in the logistic regression model. Trust in AI-related actors and positive career expectations also significantly increased the odds of readiness, whereas perceived AI-related risk significantly reduced them. The findings further showed that respondents expressed stronger trust in private technology actors and international governance actors than in public and institutional actors. Respondents also prioritized AI implementation in practical and technology-intensive domains, including robotics, customer service, process automation, healthcare, smart home security, and automotive technologies, while showing more caution toward AI use in social media and human resources. The findings suggest that preparing individuals for an AI-driven future requires not only access to AI technologies, but also stronger AI literacy, credible governance, transparent public communication, and career-oriented training that connects AI awareness with future employability.

Keywords: Readiness for an AI-driven future, AI awareness, trust in AI-related actors, perceived AI-related risk, and career expectations

THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA MARKETING ON CONSUMER PURCHASE DECISIONS IN THE CREATIVE ECONOMY SECTOR

Navila Bunga SAFIRA

K.H Abdurrahman Wahid State Islamic Universisy, Faculty of Islamic Economics and Business, Islamic Banking Study Program, Central Java, Indonesia

https://orcid.org/0009-0001-0218-7046

Nala MAGHFİROH

K. H Abdurrahman Wahid State Islamic Universisy, Faculty of Islamic Economics and Business, Islamic Banking Study Program, Central Java, Indonesia

https://orcid.org/0009-0009-0480-8553

Widia Reza VALENTINA

K.H Abdurrahman Wahid State Islamic Universisy, Faculty of Islamic Economics and Business, Islamic Banking Study Program, Central Java, Indonesia

https://orcid.org/0009-0002-8789-6489

Abstract

The growth of social media has significantly transformed marketing strategies within the creative economy sector. Digital platforms such as Instagram, TikTok, and Facebook have become essential tools for creative business owners to promote products, build brand awareness, and interact directly with consumers. This study aims to examine the impact of social media marketing on consumer purchase decisions in the creative economy sector. The research adopts a quantitative approach using survey methods involving consumers who frequently purchase creative products online, particularly in the fashion, culinary, and handmade product industries. Data were collected through questionnaires distributed to 120 respondents and analyzed using multiple regression analysis. The findings reveal that social media marketing has a positive and significant effect on consumer purchase decisions. Promotional content quality, influencer endorsements, customer engagement, and ease of access to product information are identified as important factors influencing consumer behavior. Moreover, visually appealing and interactive content increases consumer trust and encourages repeat purchases. The study also highlights that effective social media utilization enables small creative businesses to compete in broader markets with relatively low promotional costs. Therefore, creative economy entrepreneurs are encouraged to maximize digital marketing strategies to enhance competitiveness and business sustainability. This research contributes to the understanding of digital marketing practices in the creative economy and provides practical recommendations for entrepreneurs in developing effective online marketing strategies.

Keywords: Creative Economy; Social Media Marketing; Purchase Decision; Digital Marketing; Consumer Behavior; Entrepreneurship

FINANCIAL MANAGEMENT EDUCATION AS AN EFFORT TO INCREASE SAVING AWARENESS AMONG CHILDREN

Meitya Djasmine Hayati

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Abstract

Financial education is an important aspect that should be introduced to children from an early age in order to build responsible financial behavior in the future. One of the basic concepts that children need to understand is the importance of saving and managing money wisely. This study discusses the role of financial management education in increasing saving awareness among children through simple and practical learning activities. The purpose of this study is to analyze how financial education can help children understand the value of money, distinguish between needs and wants, and develop positive saving habits from an early age.

The method used in this study is a qualitative descriptive approach through observation, educational activities, and literature review related to children's financial literacy. Financial education was delivered using interactive methods such as storytelling, simulations, and direct practice of saving money. The results indicate that children who receive financial education demonstrate better understanding of money management and show greater enthusiasm for saving regularly. In addition, the educational activities help children become more disciplined, responsible, and careful in using their money.

In conclusion, financial management education plays a significant role in improving children's saving awareness and shaping positive financial behavior. Therefore, financial literacy should be introduced continuously both in families and educational institutions to create a generation that is financially responsible and capable of managing their finances wisely in the future.

Keywords: financial education, saving awareness, children, financial literacy, money management.

THE IMPACT OF POVERTY AND UNEMPLOYMENT ON ECONOMIC GROWTH IN NIGERIA [1990-2025]

James Essien Akpan PhD

Department of Economics, Nigeria Police Academy, Wudil,Kano https//orcid/0009000795700788

Simon Ternenge Asongo PhD

Department of Economics, Nigeria Police Academy, Wudil-Kano. ORCID: http://orcid/0009-0006-7655-4765

Abstract

This study examines the impact of poverty and unemployment on economic growth i n Nigeria utilizing annual time-series data spanning the period 1990-2025. The rese arch employed a robust econometric framework, including the Phillips-Perron (PP) u nit root test, Johansen Cointegration test, and the Vector Error Correction Model (VE CM) to analyze both long-run equilibrium and short-run dynamic relationships Unit ro ot testing confirmed that all variables-Gross Domestic Product (GDP), Poverty (POV), Unemployment (UNEMP), Interest Rate (INTR), Net Exports (NETEXP), and Foreign Di rect Investment (FDI)-were integrated of order one, I(1). The Johansen Cointegration test identified at least three stable long-run relationships among the variables. The V ECM results indicated a statistically significant error correction term (CointEq1 = -0.0 99, t = -2.05), suggesting a relatively slow adjustment speed of 9.9% toward long-run equilibrium following a shock. Notably, the long-run analysis revealed a positive relati onship between poverty and GDP, suggesting that economic growth in Nigeria has hi storically been non-inclusive. Conversely, FDI demonstrated a significant negative lo ng-run impact on GDP (t = -5.63), while unemployment showed a negligible long-run effect. The study concludes that Nigeria's economic growth has not effectively trans! ated into poverty reduction or employment generation. It is recommended that policy makers shift focus from aggregate growth figures toward structural reforms that pri oritize human capital development and inclusive industrialization to decouple growth from rising poverty levels.

Keywords: Economic Growth, Poverty, Unemployment, VECM, Nigeria, Inclusive Growth.

EXPERIMENTAL AND IN SILICO LIPOPHILICITY AND ECOTOXICITY STUDY OF THIOCARBOHYDRAZONES

Dragana MEKIĆ

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia

Gyöngyi VASTAG

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia

Borko MATIJEVIĆ

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia

Gorana MRĐAN

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia

Suzana APOSTOLOV

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia

ABSTRACT

Thiocarbohydrazones are sulfur-containing organic compounds of considerable interest in biological, pharmaceutical, and industrial research. Their pronounced chelating ability enables the formation of stable complexes with transition metals, which extends their application to catalysis, corrosion inhibition, and dyeing processes. In the broader context of medicinal and pharmaceutical sciences, nitrogen- and sulfur-containing organic compounds are recognized for their structural diversity and wide range of biological activities. The presence of functional groups capable of interacting with biological targets makes these molecules valuable scaffolds in drug design and development. In this study, the lipophilicity of selected thiocarbohydrazone derivatives was evaluated using both experimental and computational approaches. Experimental determination was performed using reversed-phase thin-layer chromatography (RPTLC18F254s) with binary solvent systems consisting of water and two different organic modifiers applied separately, while theoretical lipophilicity was estimated using appropriate software tools. Chromatographic retention parameters, R_M^0 and m, were calculated for each compound as indicators of lipophilicity. These parameters were subsequently correlated with calculated log$P$ values using linear regression analysis. The results demonstrated significant linear relationships between chromatographic retention constants and computational log$P$ values, indicating that RPTLC represents a reliable and efficient method for assessing the lipophilicity of thiocarbohydrazone derivatives.

Keywords: Thiocarbohydrazone, Reversed-phase thin-layer chromatography, Chromatographic parameters, log$P$.

INTRODUCING AN INDICATOR BASED NOVEL APPROACH FOR EXPLORING THE DEGREE OF RAINFALL ALTERATION

Priyanka Das

Assistant Professor, Department of Geography, Malda Women's College, India

Swades Pal

Professor, Department of Geography, University of Gour Banga, India

Abstract

Monitoring rainfall variability and its long-term alteration is essential for understanding changing hydro-climatic regimes and their environmental implications. This study proposes an indicator-based novel approach to quantify the Degree of Rainfall Alteration (DIRA) across India by comparing two contrasting rainfall phases: a relatively dry period (1961–1990) and a relatively wet period (1991–2021). Unlike conventional studies that primarily emphasize rainfall magnitude, the present investigation integrates multiple dimensions of rainfall behaviour, including magnitude, frequency, timing, duration, spatial pattern, and rate of change. A total of 33 rainfall alteration indicators were developed following the conceptual framework of the Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) and the Range of Variability Approach (RVA). Daily gridded rainfall data endorsed by the India Meteorological Department were used for 34 mainland meteorological subdivisions of India. Spatial clustering of rainfall hotspots and cold-spots was examined using the Getis–Ord Gi* statistic, while low, middle, and high RVA thresholds were derived from percentile-based classification. The findings reveal significant spatio-seasonal variability in rainfall alteration across India. A new statistically significant rainfall hotspot emerged over the Odisha–Telangana–Vidarbha transition zone during the recent phase. Northeastern hilly monsoon and post-monsoon hotspots weakened considerably, whereas north-western India exhibited increasing hotspot intensity. The analysis further indicates relatively low DIRA in magnitude indicators under middle RVA conditions, while moderate alteration was observed in timing, duration, frequency, and rate-of-change indicators across several subdivisions. The proposed framework offers a comprehensive methodology for assessing rainfall regime transformation and supports climate adaptation and regional water-resource planning.

Keywords: Rainfall alteration; Degree of Rainfall Alteration (DIRA); Indicators of Hydrologic Alteration (IHA); Range of Variability Approach (RVA); Rainfall hotspots; India.

AI-ASSISTED GREEN CHEMISTRY APPROACHES FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PROTECTION

Amena Khatun Manica

University of New Haven

Abstract

Green chemistry has emerged as a transformative scientific approach for minimizing environmental pollution and promoting sustainable industrial development. This research explores the integration of Artificial Intelligence (AI) with green chemistry practices to enhance environmentally friendly chemical processes and reduce harmful industrial impacts. The study investigates how AI-driven technologies, including machine learning and predictive data analysis, can optimize chemical reactions, improve energy efficiency, reduce hazardous waste generation, and support the development of safer and sustainable chemical compounds.

The research highlights the growing role of intelligent computational systems in identifying eco-friendly alternatives for chemical manufacturing, pharmaceutical production, agricultural applications, and environmental management. AI-assisted chemical modeling enables researchers to predict reaction outcomes more accurately, reduce laboratory experimentation costs, and minimize toxic emissions. Furthermore, the study discusses the potential of AI-integrated green chemistry solutions in addressing critical global environmental challenges such as climate change, water contamination, and industrial waste management.

The findings suggest that the collaboration between chemistry and artificial intelligence can significantly contribute to sustainable scientific innovation and environmental protection. This interdisciplinary approach offers promising opportunities for creating cleaner industrial systems and supporting long-term global sustainability goals.

Keywords: Green Chemistry, Artificial Intelligence, Sustainability, Environmental Protection, Machine Learning, Chemical Innovation

SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF THIOPHENE BASED OXADIAZOLE DERIVATIVES AS PROMISING ANTICANCER AGENTS AGAINST LIVER CANCER

Samreen Gul Khan, Zainib Razzaq

Department of Chemistry, Drug Design and Medicinal Chemistry Laboratory, Faculty of Physical Science, Government College University, Faisalabad 38000, Pakistan

Abstract

Background: Liver cancer is a leading cause of cancer-related mortality worldwide. Clinical use of the first line drug sorafenib is limited due to drug resistance and severe adverse effects. Objectives: The current study aimed to synthesize a series of *N*-arylated thiophene-based 1,3,4-oxadiazole derivatives containing a carbamothioate moiety (7a–7d) as potential anticancer agents with improved efficacy and safety profiles. Methods: Derivatives were synthesized via coupling of thiophene-based 1,3,4-oxadiazole (compound 1) with various electrophiles, yielding 62–86%. The structures of all derivatives were established based on FT-IR, ^{1}H NMR, ^{13}C NMR, and EI-MS. The *in-vitro* anticancer effect of all derivatives was assessed using the MTT assay against the HepG2 cancer cell line and their hemolytic safety was assessed on human red blood cells. Results: All derivatives exhibited cytotoxicity with minimal hemolytic effects. Derivative 7b (2,6-dimethyl) exhibited excellent activity by reducing cell viability of 33.96 ± 2.47% at 100 µg/mL and minimal hemolysis (1.20 ± 0.01%) with a high selectivity index (SI) of 28.3, similar to sorafenib (34.32 ± 1.91%, SI = 27.45). Derivatives 7a (phenyl) and 7d (ethyl) showed moderate activity and 7c (fluoro) was the least potent. Conclusion: Thiophene-based oxadiazole-coupled carbamothioate derivatives, particularly 7b, demonstrate enhanced anticancer efficacy and safety compared to sorafenib, representing promising candidates for targeted liver cancer therapy.

Key words: Anticancer activity; Carbamothioate; 5-Chlorothiophene-2-carboxylic acid; 1,3,4-Oxadiazole; Hemolytic activity

LIABILITY FOR BREACHES OF PATIENT CONFIDENTIALITY: ETHICAL PERSPECTIVES

VORONEANU-POPA Rareș-Vasile, CONSTANTINESCU Richard

”Grigore T. Popa” University of Medicine and Pharmacy

Abstract

Confidentiality represents an essential component of the medical act. The obligation to preserve medical confidentiality is provided for in the legislation of several European Union member states. This obligation imposed on healthcare professionals is of significant importance, as it protects patients from potential social judgment and stigma.

Moreover, it is only natural that the disclosure of a medical diagnosis should remain exclusively within the patient’s control. Such information is highly sensitive, and its disclosure may occur only under the conditions established by law. Furthermore, confidentiality is enforceable even against family members, who cannot obtain medical information without the patient’s consent.

Last but not least, the breach of medical confidentiality may give rise to liability for those responsible. In this regard, physicians may be held liable for damages if they fail to respect medical secrecy. In addition, criminal liability may also arise in certain circumstances, thereby ensuring the protection of the patient. The purpose of our study is to analyze liability for breaches of patient confidentiality from a legal perspective.

Keywords: medical malpractice; medical liabilty; malpractice;

ENTROPY BEHAVIOUR IN AN INTERACTING MAGNETIZED COSMOLOGICAL MODEL INCORPORATING Λ

Shantanu Kumar Biswal

Department of Physics, GITA Autonomous College, Bhubaneswar, Odisha, India

Abstract

In this study, we concentrate on creating a formal framework for the analysis of Bianchi type-VI_0 space-time when a cosmological constant and a magnetic field are present. An electric current flowing down the z-axis is identified as the source of the magnetic field, and the pertinent component of the electromagnetic field tensor is denoted by F_{12}. Based on the scalar expansion, we obtain an expression for the universe's entropy and apply it to the comparison of several thermodynamic quantities in general relativity. It is found that the shape of the energy-momentum tensor is consistent with the postulated space-time geometry. In line with recent observational data, the functional behavior of this deceleration parameter points to a universe moving from an early decelerating phase to the current accelerating expansion. The universe's kinematic and physical properties are examined, emphasizing how they relate to cosmic evolution. We observe that the cosmological constant Λ decreases with time which is consistent with the measurements of modern Type Ia supernovae. Our findings show that the model is in good agreement with the available observational data, and the determined physical parameters corroborate this finding.

Keywords: Dark Energy, General Theory of Relativity, Electromagnetic Field, Entropy, Cosmological Constant, Bianchi Type VI_0 Metric.

ACADEMIC ABSTRACT: ARCHAEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL MAP OF AMMAN NATIONAL PARK

Mohammed Al-Zuhair

Jordan University –History Department

Mohammed Waheeb

The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism

Abstract

The Amman National Park area represents more than a conventional green space; it serves as an "open-air museum" bridging the gap between history and the environment. Documenting dozens of sites within its boundaries is a strategic milestone in redefining the tourism landscape of the capital.

The study employed a comprehensive and intensive field survey methodology conducted from March to May 2026 a timeframe meticulously selected to ensure optimal visibility of topographical features and vegetation cover. The operations were based on three integrated technical pillars. First, spatial exploration and digitization utilized Geographic Information Systems (GIS) and Global Positioning System (GPS) technologies to map all discovered landmarks onto precise contour maps, establishing a spatial database that correlates geographical locations with historical contexts. Second, descriptive and morphological documentation involved rigorous recording of each site, including engineering measurements, architectural descriptions, and both aerial and ground photography. This was coupled with an analysis of construction patterns and materials to determine their respective chronological periods, ranging from Classical and Early Islamic to modern heritage eras. Third, an eco-tourism inventory extended beyond structural remains to include surrounding environmental characteristics, such as unique rock formations, perennial trees, and panoramic landscape vistas (Landscape Archaeology), to evaluate their viability as integral components of a holistic tourism experience.

Based on the survey results, the current strategic vision focuses on designing "interpretive trails" aimed at revitalizing the park's spatial vacuum and transforming it from a traditional picnic area into a premier educational and experiential tourism destination. This is achieved through three specialized tracks: The "Heritage Loop," which connects discovered archaeological sites including wine presses, cisterns, and structural remains—equipped with interactive signage utilizing QR Codes to provide multi-lingual historical narratives, thereby enhancing the site's value as a cultural tourism destination. The "Eco-Trail" is a pedestrian track designed for nature enthusiasts, traversing the most significant environmental landmarks identified during the survey to raise awareness of Amman's biodiversity while ensuring minimal infrastructural intervention to preserve the pristine nature. Finally, the "Interactive Educational Track," designed for school and university students, offers points for experimental excavation and field learning regarding ancient water harvesting methods and agricultural systems documented during the survey, transforming the park into an open laboratory for human and environmental sciences.

The transition of these survey findings into a tangible reality through the development of tourism trails will extend beyond mere documentation to act as an economic and social catalyst within the capital's sustainable tourism framework. This impact is manifested through the diversification of the tourism product by creating an "Alternative Tourism" destination in southern Amman, contributing to longer visitor stays and increased tourism expenditure through experiences that blend history, nature, and outdoor activities. Furthermore, it stimulates the local economy by providing promising investment opportunities for the surrounding community ranging from specialized tour guiding services to the establishment of outlets for artisanal and agricultural products linked to the region's identity thereby reducing unemployment and empowering the youth. The project also fosters public-private partnerships by creating avenues for strategic collaborations to operate and manage the trails in accordance with international standards, alleviating operational burdens on official institutions and ensuring the

sustainable maintenance of archaeological and environmental sites. Ultimately, these scientifically documented trails elevate the park's marketing value, positioning Amman National Park on the international and local tourism maps as a pioneering model for "Open Space Tourism" a sector witnessing increasing global demand. These trails will further contribute to extending visitor stays and redistributing tourism pressure away from the congested city center, achieving a vital balance between recreation and the preservation of national heritage.

Keywords: City tourism, Archaeology, Cultural Heritage, Development, Jordan.

THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON TEENAGERS' COMMUNICATION AND MENTAL HEALTH IN THE DIGITAL ERA

Afan Rifan Hakim[1)], Hana Vauziyah[2)] , Khafidhotul Afida[3)] , Alfat Ibnu Firdan[4)].

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Accounting, Central Java, Indonesia

Abstract

Social media has significantly transformed communication patterns and social interaction among teenagers in the digital era. This study analyzes the influence of social media on adolescents' communication behavior and mental health by examining the effects of digital interaction on emotional well-being and psychological conditions. The research uses a qualitative literature review method by analyzing academic journals, books, research articles, and other scholarly publications related to social media usage, adolescent communication, and mental health issues. The findings reveal that social media creates faster, broader, and more interactive communication patterns that allow teenagers to express themselves, build social networks, and access information efficiently. Social media platforms also encourage creativity, self-expression, and social connectivity among adolescents. However, excessive social media usage contributes to various mental health problems, including anxiety, stress, depression, low self-esteem, and unhealthy social comparison behavior. The study further identifies cyberbullying, online validation culture, and digital addiction as major factors that negatively affect emotional stability and interpersonal relationships among teenagers. Despite these challenges, controlled and responsible social media use can support positive communication and emotional connection. Therefore, schools, families, and policymakers should promote digital literacy, psychological awareness, and balanced online and offline interaction to protect teenagers' mental well-being. This study provides a comprehensive understanding of the dual impact of social media on adolescents' communication and mental health by integrating technological, psychological, and social perspectives within the context of the digital era.

Keywords: social media, teenagers, communication, mental health, digital era

AI-GOVERNED PRECISION HEALTHCARE AS A PUBLIC GOVERNANCE CHALLENGE IN ALGORITHMIC EQUITY, DATA SOVEREIGNTY, AND HEALTH POLICY: A LITERATURE REVIEW

Nino Qarchkhadze

Caucasus International University, Faculty of Medicine, Tbilisi, Georgia

Prof. Dr. Giorgi Dugashvili

Grigol Robakidze University, School of Medicine, Tbilisi, Georgia
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-2995-3256

Abstract

The rapid integration of artificial intelligence (AI), predictive analytics, and digital health technologies is transforming healthcare systems worldwide, creating new governance challenges related to equity, accountability, and public responsibility. While AI-driven healthcare promises improved diagnostics, personalized treatment, and administrative efficiency, it also raises critical political and governance concerns regarding algorithmic bias, unequal access to digital infrastructure, data ownership, and regulatory oversight. This review examines AI-governed precision healthcare not only as a technological innovation but also as a public governance challenge shaped by competing perspectives on state responsibility, market influence, and social justice. Based on a narrative review of literature in public health, governance, digital policy, and bioethics, the study explores tensions between collective approaches emphasizing universal digital inclusion and strong governmental regulation, and market-oriented approaches prioritizing technological innovation and private sector leadership. The review further analyzes how these perspectives influence policy decisions regarding health data governance, cybersecurity protections, investment in digital infrastructure, and ethical standards for AI-assisted medical decision-making. The analysis suggests that technological advancement alone cannot ensure equitable and sustainable healthcare delivery, particularly in settings characterized by infrastructural inequality, weak institutional capacity, and limited digital literacy. Furthermore, algorithmic discrimination, insufficient transparency, and commercial concentration of health data may reinforce existing social disparities and undermine public trust in healthcare institutions. Overall, the literature indicates that effective governance of AI-driven healthcare requires balanced policy frameworks capable of integrating innovation, ethical regulation, democratic accountability, and equitable access to emerging technologies.

Keywords: Artificial intelligence in healthcare, digital governance, public administration, algorithmic equity, health policy.

SOCIAL ACCELERATION AND MOTORCYCLES

Valentina MARİNESCU [1]

[1] Faculty of Sociology and Social Work, University of Bucharest, Bucharest, Romania

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9882-5902

Ramona MARINACHE [2]

[2] Faculty of Letters, University of Bucharest, Bucharest, Romania

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4072-8253

ABSTRACT

In this study, based on qualitative research on women from Bucharest who ride motorcycles, we seek to present an analysis of the sociologist Hartmut Rosa concept of *social acceleration* which refers to the constant speeding up of technology, social change and rhythm of life. We argue that moto-mobility is a new dimension of social acceleration. Contrary to Rosa's (2010) view, who thinks that motorcycles are the standpoint of modernity's need for speed and constant motion, we argue that the social kinematic of motorcycling is an example of a decrease in social acceleration, no matter how high is the actual acceleration and speed of the machine. Using date gathered through interviews and conversations with women motorcyclists, we seek to study the paradox of high-speed machine and reduction of social acceleration, as motorcycles are used as a way of social relaxation from the societal norms. Arguing our thesis, we identified the presence of a body project (apud Chris Shilling), more specifically a moto-mobility project with three dimensions: emotions, body and senses, the temporal dimension being inseparable present in all of them.

Keywords: social acceleration, sociology, motorcycles.

ROAD TRAFFIC ACCIDENT IN ROMANIA BETWEEN 2013-2023

Ramona MARINACHE [1]

[1] Faculty of Letters, University of Bucharest, Bucharest, Romania

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4072-8253

Valentina MARİNESCU [2]

[2] Faculty of Sociology and Social Work, University of Bucharest, Bucharest, Romania

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9882-5902

ABSTRACT

In modern sociology, the founding scholars of sociology of mobility emphasized that today's societies have automobility at the core of their social life (Martin, 1999; Urry, 2004; Sheller and Urry, 2006). Hedges & Company (2025) estimates that in the world there are currently 1.644 billion vehicles at a population of 8.228 billion. The complex system of automobility – "both of the humanist self as in the notion of autobiography, and objects or machines" (Urry, 2004) has been playing a crucial role in shaping modern societies, and democratizing movement. But achieving the dream of free movement brought about unintentional consequences from which road accidents are the most worrying ones. World Health Organization (WHO), in the news report published on the 8th UN Global Road Safety Week (12-18 May 2025) that road accidents lead to the death of 1.2 million people worldwide (WHO, 2025), almost ten times the annual total of conflict-related deaths in wars, which in 2023 amounted to 122 000 (Peace Research Institute Oslo, 2024); these making accidents one of the leading cause of deaths and injuries in the world (the 12th according to WHO 2023 report).

In Europe, according to the "Annual statistical report on road safety in the EU 2025" (EC, 2025) Romania, alongside Bulgaria, occupies the first place in the number of road fatalities with 81 deaths per million inhabitants at an EU annual average of 46 fatalities per million inhabitants. based on a rapid literature review, and on a secondary data analysis, this article presents an overview of road traffic accidents in Romania between 2013-2023.

Keywords: mobility, road accidents, automobility, somatic society, sociology

THE CONCEPT OF IDENTITY: A POSTHUMANIST ANALYSIS OF FRICTIONAL GAMES' SOMA

Mr. Abdul Ali [1], **Mr. Hamza Ali** [2]

[1] Abasyn University Peshawar, Department of English (Language and Literature), Peshawar, Pakistan

[2] Abasyn University Peshawar, Department of English (Language and Literature), Peshawar, Pakistan,

ORCİD: ID/0009-0006-2448-1621

Abstract

Scientists The thesis analyzes the representation of Donna Haraway's cyborg in the video game SOMA to analyze the aspects of identity, consciousness, and technology-mediated embodiment. Grounded in the theoretical fields of digital narrative and posthumanism, the research perceives video games as rich narratives able to explore philosophical concepts usually addressed by traditional literary and film works. The research investigates the extent to which video games can challenge humanism and depict identity in terms of technologized information through their narrative and gameplay. Specifically, it investigates how SOMA represents identity in a technologically meditated environment and questions traditional humanist notions regarding the continuous nature of consciousness and the centrality of the body. The research takes a qualitative approach, where the analysis of the selected video game is focused on its narrative, dialogue, characters' actions and interactions, as well as gameplay, considered as a digital narrative. These elements of video games are analyzed from the perspective of Donna Haraway's cyborg concept, which considers the unity of machine and human systems. The findings illustrate that in SOMA, the concept of identity is divided, replicable, and distributed. Consciousness is represented through the ideas of brain scanning, consciousness replication, artificial intelligence, cyborg embodiment, and the ARK project.

Keywords: Artificial intelligence, consciousness, cyborg, digital narrative, embodiment, humanism, identity, posthumanism, SOMA, technological mediation, video game

THE ROLE OF MANAGEMENT ACCOUNTING IN ENHANCING ORGANIZATIONAL PERFORMANCE: A CASE STUDY OF AHMAN PATEGI UNIVERSITY, KWARA STATE, NIGERIA

Umar Baba Shaaba

Head of Department, Accounting, Ahman Pategi University, Kwara State, Nigeria

ORCID iD: https://orcid.org/0009-0007-5789-8690

Abstract

This study examined the role of management accounting in enhancing organizational performance with particular reference to Ahman Pategi University, Kwara State, Nigeria. The study investigated how management accounting practices such as budgeting, cost control, financial planning, and performance evaluation contribute to effective management and profitability.

Introduction: Management accounting plays an important role in organizational planning, control, and decision-making. Educational institutions also require sound accounting systems to ensure sustainability and operational efficiency.

Statement of the Problem: Many organizations in Nigeria experience weak financial management systems, poor budgeting, and ineffective cost control mechanisms which affect organizational performance.

Objectives of the Study: The study aims to examine the role of management accounting in improving organizational performance in Ahman Pategi University.

Conclusion: Management accounting contributes significantly to institutional growth, financial sustainability, and effective decision-making in Ahman Pategi University.

MEMORY ENHANCING AND NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF TURMERIC (CURCUMA LONGA) IN SCOPOLAMINE-INDUCED RAT MODEL OF DEMENTIA

Dr. Huma IKRAM*, Rumaisa ZAKIR, Darakhshan J. HALEEM

Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi, Karachi-75270, Pakistan.

ORCID ID: 0000-0001-9073-2050

ABSTRACT

The primary objective of this study was to investigate the neuroprotective effects of curcumin in an animal model of scopolamine-induced dementia. Given that cognitive decline in dementia is often linked to oxidative stress, the study aimed to explore whether curcumin, a natural polyphenol known for its antioxidant and anti-inflammatory properties, could mitigate memory impairment and improve cognitive function. To induce dementia, scopolamine was administered to rats, leading to memory impairment. Cognitive abilities were evaluated using the Morris water maze and novel object recognition tests. Additionally, biochemical markers related to oxidative stress and cholinergic dysfunction were measured. Curcumin was then administered to scopolamine-treated rats to evaluate its impact on memory and oxidative stress. Scopolamine-treated rats exhibited significant memory impairment, as shown by poor performance in both behavioral tests. However, following curcumin treatment, a marked improvement in cognitive abilities was observed, indicating a positive effect on memory. Biochemical analyses revealed that curcumin treatment significantly reduced oxidative stress markers and improved cholinergic function. Specifically, curcumin restored the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx) in both brain and plasma samples. The findings suggest that curcumin effectively improves cognitive function and reduces oxidative stress in scopolamine-induced dementia models. These results highlight the potential of curcumin, sustainably sourced from turmeric (Curcuma longa), as a neuroprotective agent and propose it as a promising candidate for preventing or treating cognitive decline associated with dementia. Further research is warranted to explore its clinical applications.

Keywords: Curcumin, Curcuma longa, Neuroprotection, Dementia, Scopolamine-Induced Memory Impairment, Oxidative Stress, Morris Water Maze, Antioxidant Enzymes

THE PROBLEM OF MICROPLASTICS IN ENVIRONMENTAL MEDICINE

Mariami Managadze

" Student of the Faculty of Public Health, Tbilisi State Medical University."

Abstract

Introduction: Microplastics represent one of the most significant challenges in modern environmental medicine due to their widespread distribution and potential adverse effects on human health. These compounds enter the environment through various routes, including marine and freshwater sources, ambient air, and food products, increasing human exposure.

The study aimed to analyze the main sources, global distribution, and pathophysiological effects of microplastics on human health based on recent scientific literature.

Study Methods and Materials: This study is based on a narrative literature review conducted in accordance with PRISMA guidelines to ensure methodological transparency and accuracy. A comprehensive search was performed in the PubMed and Google Scholar databases, covering the period from 2014 to 2024. The following keywords were used: "microplastics," "human health," "bioaccumulation," "microplastics ingestion," and "toxicology of microplastics."

Inclusion criteria were: Peer-reviewed studies focusing on the impact of microplastics on human health, Systematic reviews, meta-analyses, original research articles. After initial screening of **134 articles**, **37** met the final eligibility criteria and were analyzed in depth.

Literature management was conducted using **Zotero**, while Microsoft Excel was used for data synthesis and thematic organization.

Results: The findings indicate that microplastics have bio accumulative properties and are linked to serious health effects, including endocrine disruption, inflammation, immune dysfunction, cancer risk, and neurodegenerative diseases.

Conclusion:
Strengthening control measures across drinking water, food, and air quality to mitigate microplastic exposure, supported by coordinated efforts in environmental regulation, public health, and education.

Key words: Microplastics, Health risks, Environmental medicine, Bioaccumulation.

ELEKTRONİK KONŞİMENTONUN HUKUKİ NİTELİĞİ VE İSPAT GÜCÜ

Hasan CAN

Öğr. Gör. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, ORCID: 0000-0002-2455-9410

Özet

Elektronik konşimento, uluslararası ticaretin dijitalleşme süreciyle birlikte önemi giderek artan belge türlerinden biridir. Günümüzde elektronik konşimentoların kullanımının henüz yaygınlaşmamış olmasına rağmen, taşıma işlemlerinde hız ve zaman tasarrufu sağlaması, maliyetleri azaltması, kâğıt konşimentoların kaybolma riskini ortadan kaldırması ve belge sahteciliği ihtimalini azaltması gibi nedenlerle giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, elektronik konşimentoların hukuki statüsü ve delil niteliği konusunda çeşitli tartışmalar da devam etmektedir.

Kâğıt konşimentoların hukuki anlamda üç temel işlevi bulunmaktadır: taşıma sözleşmesini belgelemek, yükün teslim alındığını göstermek ve taşınan mal üzerindeki mülkiyet hakkını temsil eden kıymetli evrak niteliği taşımak. Elektronik konşimentoların da taşıma sözleşmesini belgeleme ve yükün teslim alındığını gösterme işlevlerini büyük ölçüde karşıladığı kabul edilmekle birlikte, taşınan mal üzerindeki mülkiyet hakkını temsil eden kıymetli evrak niteliğine sahip olup olmadığı hususu tartışmalıdır. Bu tartışmanın odağında, elektronik ortamda düzenlenen konşimentonun devredilebilirliği ve zilyetliğin nasıl sağlanacağı yer almakta olup, bu unsurlar elektronik konşimentonun hukuki niteliğinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir.

Bir diğer tartışma konusu, elektronik konşimentonun ispat gücü ile mahkemelerde ve ticari uyuşmazlıklarda delil olarak kabul edilip edilmeyeceğidir. Türkiye'de elektronik belgelerin delil niteliği, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu kapsamında güvenli elektronik imza ile oluşturulan belgeler bakımından kabul edilmektedir. Ancak bu düzenlemenin denizyolu taşımacılığına özgü elektronik konşimentolar açısından doğrudan ve yeterli bir karşılık bulmaması, daha özel düzenlemelere duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Elektronik konşimentoların hukuki güvenilirliği ve ispat gücünün artırılması bakımından blockchain teknolojisinin önemli katkılar sunduğu değerlendirilmektedir. Bu teknoloji sayesinde işlemlerin güvenli biçimde saklanması ve kayıtların değiştirilemezliği sağlanmakta, bu durum ise elektronik konşimentolara olan güveni artırmaktadır.

Sonuç olarak, elektronik konşimentonun kâğıt konşimentolarla aynı hukuki niteliğe ve ispat gücüne sahip olabilmesi için dijital imza ve blockchain gibi güvenlik teknolojilerinin hukuken tanınması ve ulusal mevzuatların uluslararası standartlarla uyumlu hâle getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu süreçte, elektronik konşimentonun devredilebilirliğini ve güvenilirliğini sağlayacak teknik altyapının geliştirilmesi de büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektronik Konşimento, Deniz Ticareti Hukuku, Kıymetli Evrak Niteliği, Elektronik Delillerin İspat Gücü, Dijitalleşme

THE LEGAL NATURE AND EVIDENTIARY VALUE OF ELECTRONIC BILLS OF LADING

Abstract

The electronic bill of lading is one of the types of document whose importance is growing in tandem with the digitalisation of international trade. Although the use of electronic bills of lading has not yet become widespread, they are gaining increasing importance for reasons such as the speed and time savings they offer in transport operations, their ability to reduce costs, the elimination of the risk of

paper bills of lading being lost, and the reduction in the likelihood of document forgery. However, various debates continue regarding the legal status and evidential value of electronic bills of lading.

Paper bills of lading have three fundamental legal functions: to document the contract of carriage, to demonstrate that the cargo has been received, and to serve as a negotiable instrument representing the right of ownership over the goods being transported. Whilst it is generally accepted that electronic bills of lading largely fulfil the functions of documenting the contract of carriage and evidencing the receipt of the cargo, the question of whether they possess the status of a negotiable instrument representing the right of ownership over the goods being transported remains a matter of debate. At the heart of this debate lies the transferability of the bill of lading issued in electronic form and how possession is to be established; these elements are of critical importance in determining the legal nature of the electronic bill of lading.

Another point of debate is the probative value of electronic bills of lading and whether they will be accepted as evidence in courts and in commercial disputes. In Turkey, the evidential value of electronic documents is recognised for documents created with a secure electronic signature under the Electronic Signature Law No. 5070. However, the fact that this regulation does not provide a direct and sufficient solution for electronic bills of lading specific to maritime transport highlights the need for more specific regulations.

It is considered that blockchain technology offers significant contributions to enhancing the legal reliability and probative value of electronic bills of lading. This technology ensures that transactions are securely stored and records are immutable, thereby increasing confidence in electronic bills of lading.

Consequently, for electronic bills of lading to possess the same legal status and evidential value as paper bills of lading, security technologies such as digital signatures and blockchain must be legally recognised, and national legislation must be brought into line with international standards. Furthermore, the development of a technical infrastructure that ensures the transferability and reliability of electronic bills of lading is of great importance in this process.

Keywords: Electronic Bill of Lading, Maritime Law, Negotiable İnstrument Nature, Admissibility of Electronic Evidence, Digitalization

1. Giriş

Konşimento, deniz yoluyla ticari mal taşımacılığında son derece önemli bir belgedir (Adascalitei, 2013). Elektronik konşimento ise bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin etkisiyle uluslararası ticaret ve deniz taşımacılığında giderek önem kazanan bir belge hâline gelmiştir (Yıldız & Baştuğ, 2018). Konşimento, yalnızca taşıma sözleşmesinin varlığını değil, aynı zamanda malın teslim alındığını da ispatlayan ve kıymetli evrak niteliğinde bir eşya temsil senedi olarak kabul edilen bir belgedir (Pejović, 2004).

Elektronik konşimento, geleneksel olarak kullanılan kâğıt konşimentonun dijital ortamda oluşturulmuş biçimini ifade eder (Meral, 2020). Kâğıt konşimentonun elektronik hâle getirilmesi; bürokrasinin azalması, işlem sürelerinin kısalması, taşıma ve belge maliyetlerinin düşmesi, gecikmelerin önlenmesi ve işlemlerin daha güvenli hâle gelmesi gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır (Çağa & Kender, 2009).

Bununla birlikte elektronik konşimentonun hukuki niteliği ve ispat gücü, hem ulusal hem de uluslararası hukukta tartışmalı bir alan olarak varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle elektronik konşimentonun fonksiyonları; hukuki niteliği, özellikle kıymetli evrak niteliğine sahip olup olmadığı, devredilebilirliği, saklanması ve uyuşmazlıklarda delil olarak ileri sürülme biçimi bakımından bütüncül bir çerçevede değerlendirilmelidir.

Elektronik konşimentonun hukuki niteliğinin belirlenmesinde öncelikle kâğıt konşimentonun taşıdığı fonksiyonları ne ölçüde yerine getirip getiremediğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Kâğıt konşimento, taşıma sözleşmesinin kurulduğunu gösteren bir belge olmasının yanı sıra, eşyanın taşıyan tarafından teslim alındığını ispatlayan ve en önemlisi yükün teslimini talep etme hakkını temsil eden bir kıymetli evrak niteliği taşımaktadır (Zekos, 1997). Elektronik konşimentonun ise özellikle devredilebilirlik özelliği bakımından bu fonksiyonları ne ölçüde karşılayabileceği ve hukuki

geçerliliğinin hangi mekanizmalarla sağlanacağı hususu henüz tam olarak netlik kazanmadığından, uygulamada yaygınlaşması sınırlı kalmıştır (Zekos, 2000).

Bu çalışma ile amaçlanan, elektronik konşimentonun hukuki niteliğinin tespit edilerek uluslararası ticarette uygulanabilirliğinin mevzuat analizi çerçevesinde değerlendirilmesi ve kâğıt konşimentonun yerine kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik somut önerilerin geliştirilmesi ile mevcut uygulamaların incelenmesidir.

Çalışmada öncelikle kâğıt konşimentonun hukuki niteliği ortaya konulacaktır. Daha sonra elektronik konşimentonun bu fonksiyonları hangi ölçüde karşıladığı değerlendirilecektir. Bu kapsamda özellikle belge niteliği, taşıma sözleşmesi ile ilişkisi ve mal üzerindeki hakların devri bağlamında incelemeler yapılacaktır. Ardından, uyuşmazlık durumlarında elektronik konşimentonun ispat aracı olarak nasıl ileri sürülebileceği tartışılacaktır.

2. Geleneksel Konşimentonun Hukuki Fonksiyonları

Konşimentonun geçmişte yalnızca taşıyan tarafından düzenlenen bir teslim makbuzu niteliğinde olduğu görülmektedir. Zamanla uluslararası ticaretin gelişmesi ve çeşitlenmesiyle birlikte konşimento, eşya üzerinde tasarruf imkânı sağlayan kıymetli evrak niteliğinde bir belgeye dönüşmüştür. Günümüzde ise doktrinde ve uygulamada konşimentonun üç temel fonksiyona sahip olduğu kabul edilmektedir.

Konşimento, öncelikle teslim alınan mallara ilişkin bir makbuz niteliğindedir. Taşıyan, konşimento düzenlemek suretiyle belirli miktar ve nitelikteki eşyayı teslim aldığını kabul eder. Bu yönüyle konşimento, yükleten ile taşıyan arasında önemli bir ispat aracı niteliğindedir (Schmitz, 2011).

İkinci işlevi, konşimentonun bir taşıma sözleşmesinin varlığını da ortaya koymaktadır(Schmitz, 2011), (Zeng, Jiang, Ren & Yang, 2022). Her ne kadar taşıma sözleşmesi konşimentodan önce kurulmuş olsa da, konşimento sözleşme içeriğinin belirlenmesinde başlıca delil niteliğini haizdir. Doktrinde konşimentonun taşıma sözleşmesini doğrudan mı oluşturduğu yoksa yalnızca onu yansıtan bir belge mi olduğu yönünde tartışmalar bulunmaktadır. Bazı görüşlere göre konşimento, taşıma sözleşmesinin kendisi değil, onun bir delilidir. Buna karşılık bazı hukuk sistemlerinde konşimentonun sözleşmeyi daha güçlü biçimde yansıttığı ve belirleyici bir fonksiyon üstlendiği kabul edilmektedir (Chen, Jiang, Wang & Yang, 2022). Bu çerçevede tarafların hak ve yükümlülükleri çoğu zaman konşimento hükümleri üzerinden tespit edilmektedir.

Üçüncü ve en önemli fonksiyon ise konşimentonun, eşya üzerinde tasarruf imkânı sağlayan bir kıymetli evrak niteliği taşımasıdır (Adascalitei, 2013). Konşimentonun bu devredilebilirlik özelliği sayesinde, çoğu durumda eşya üzerindeki tasarruf yetkisinin de devri mümkün olmaktadır. Doktrinde bu üç temel işleve ek olarak, konşimentonun devredilebilir bir taşıma sözleşmesi niteliği taşıyabilme işlevi de kabul edilmektedir (Baughen, 2023).

Elektronik konşimentonun hukuki niteliğine ilişkin tartışmalar bu üç fonksiyon etrafında şekillenmektedir. Konşimentonun makbuz niteliği ve taşıma sözleşmesinin delili olma fonksiyonlarının elektronik ortamda gerçekleştirilmesi teknik açıdan büyük ölçüde mümkün görünmektedir. Ancak mülkiyeti temsil eden kıymetli evrak fonksiyonunun elektronik ortamda nasıl karşılanacağı ve bunun doğuracağı hukuki sonuçlar, doktrindeki en önemli tartışma alanlarından birini oluşturmaktadır.

3. Elektronik Konşimentonun Hukuki Niteliği ve Kıymetli Evrak Sorunu

Elektronik konşimentonun kâğıt konşimentonun yerine geçebilmesi, uygulamada ve hukuk dünyasında kabul görmesine bağlıdır. Bu kabul ise, elektronik konşimentonun kâğıt konşimento ile aynı hukuki sonuçları doğurabilmesi şartına dayanmaktadır. Bununla birlikte, konşimentonun yukarıda açıklanan fonksiyonları ile dijital ortamın fiziksel belge sistemlerinden farklı yapısı birlikte değerlendirildiğinde, elektronik konşimentonun kâğıt konşimentonun bire bir ikamesi olma ihtimalinin çok zayıf olduğu değerlendirilmektedir. Burada üzerinde durulan husus, elektronik bir kaydın kâğıt bir belge ile fiziksel özellikler bakımından aynı olması değil, aynı hukuki fonksiyonları yerine getirebilmesidir.

3.1. Elektronik Konşimentonun Kıymetli Evrak Niteliği

Esasen elektronik konşimentolarda tarafların hak ve sorumlulukları, kâğıt ortamında düzenlenen geleneksel konşimentolar ile büyük ölçüde paralellik arz etmektedir. Buna karşın iki sistem arasındaki en belirgin ayrım, konşimentonun satıcı (mülkiyet hakkı sahibi) ile alıcı arasında ciro yoluyla devredilmesine imkân tanıyan operasyonel prosedürlerde kendisini göstermektedir. Dolayısıyla elektronik konşimentonun devir mekanizmasının hukuken ve teknik olarak nasıl gerçekleştirileceği sorunsalı, günümüz uygulamasındaki belki de en büyük yapısal engeli oluşturmaktadır ((Yıldız & Baştuğ, 2018).

Konşimento, eşyayı temsil eden kıymetli evrak niteliğine sahip olması bakımından önemli işlevler üstlenir (Kender, Çetingil & Yazıcıoğlu, 2017). Bu niteliği sayesinde taşınan mallar üzerindeki hak sahipliğini temsil eder ve malların teslimini talep etme yetkisi sağlar. Taşıyanın, eşyayı meşru hak sahibine teslim etme yükümlülüğü de bu belge ile doğar. Eşyanın teslimi, konşimentonun ibrazı karşılığında meşru hamile yapılır. Meşru hamil ise konşimentonun nama, emre veya hamiline yazılı olmasına göre belirlenir (Özel, 2024, s. 306-307).

Elektronik konşimentonun da aynı niteliği taşıyıp taşımadığı, ticaret hukuku ve deniz taşımacılığı alanlarında tartışılan önemli konulardan biridir. Bu tartışma, elektronik konşimentonun kağıt konşimentonun yerine kullanılıp kullanılamayacağının belirlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır.

3.2. İşlevsel Eşdeğerlik İlkesi ve Rotterdam Kuralları

Eşya temsil senedi niteliğindeki elektronik konşimentoların değerlendirilmesinde, öncelikle Rotterdam Kuralları kapsamında benimsenen işlevsel eşdeğerlik ilkesinin incelenmesi gerekmektedir. Bu ilke, elektronik ve kâğıt ortamında düzenlenen belgelerin hukuki geçerlilik ve icra edilebilirlik bakımından eşdeğer kabul edilmesini sağlamaktadır. Rotterdam Kuralları'nın 8. maddesine göre, Sözleşme kapsamında bir taşıma belgesinde yer alması gereken tüm bilgiler, elektronik taşıma kaydının düzenlenmesi ve kullanımının taşıyıcı ile yükleyicinin rızasına dayanması şartıyla elektronik ortama aktarılabilmektedir (Khayoon, 2021). Ayrıca elektronik taşıma kaydının düzenlenmesi, münhasır kontrol altında tutulması ve devredilmesi, kâğıt taşıma belgesinin düzenlenmesi, zilyetliği ve devri ile aynı hukuki sonuçları doğurmaktadır. Bu düzenleme, elektronik taşıma kayıtlarının yalnızca bilgi saklama aracı olarak değil, aynı zamanda kâğıt konşimentonun fonksiyonlarını yerine getirebilen hukuki araçlar olarak kabul edildiğini göstermektedir. Elektronik kaydın oluşturulması, kontrol altında tutulması ve devredilmesi, kâğıt konşimentonun düzenlenmesi, bulundurulması ve devri ile aynı hukuki sonucu doğurmakta, elektronik konşimentonun eşya temsil senedi fonksiyonunu yerine getirebilmesine hukuki zemin sağlamaktadır. Bu yönüyle Rotterdam Kuralları, elektronik konşimentoların kâğıt konşimentolarla fonksiyonel açıdan eşdeğer kabul edilmesine ilişkin uluslararası hukuki dayanak oluşturmaktadır (Khayoon, 2021).

Rotterdam Kuralları'nın 1. maddesinin 10. fıkrasında yer alan "hak sahibi" tanımı da işlevsel eşdeğerlik ilkesini destekler niteliktedir. Söz konusu tanım, ister kâğıt ister elektronik formda olsun, taşıma belgesi üzerinde tasarruf yetkisine sahip kişiyi esas almakta ve bu kişiyi aynı hukuki statüde değerlendirmektedir. Bu kapsamda, kıymetli evrak niteliğindeki taşıma belgesine zilyet olan hak sahibi ile elektronik taşıma kaydının düzenlendiği veya devredildiği kişi arasında fonksiyonel bir eşdeğerlik kurulmaktadır. Böylece düzenleme, elektronik ve kâğıt belgeler arasında hak sahipliği bakımından ayrım gözetmeksizin, her iki belge türünün aynı hukuki sonuçları doğurabileceğini ortaya koymaktadır (Khayoon, 2021).

Ancak Rotterdam Kuralları henüz yürürlüğe girmemiştir. Bu durum, elektronik konşimentoların kullanımını ve hukuki niteliğini uluslararası düzeyde yeknesak biçimde düzenleyen bağlayıcı bir sistemin henüz mevcut olmadığını göstermektedir (Meral, 2020). Üye ülkelerin tamamının onay vermesi halinde Rotterdam Kuralları'nın yürürlüğe girmesi, devletlerin yerel mevzuatlarını bu çerçeveye uyumlu hale getirmelerini kolaylaştıracaktır.

3.3. Uygulamadaki Dijital Çözümler: BOLERO Sistemi

Konşimentonun dijital ortama taşınmasına yönelik çeşitli girişimler geliştirilmiş olup (Dubovec, 2005), bu çabalar içerisinde BOLERO (Bill of Lading Electronic Registration Organisation) sistemi, uluslararası ticaretin dijitalleşme sürecinde öncü bir uygulama olarak önemli bir yer edinmiştir (Bayazit & Kamal, 2024). BOLERO, uluslararası ticarette kâğıt üzerinde yapılan hukuki işlemleri elektronik ortama taşıyan güvenli bir iletişim sistemidir (Khayoon, 2021). İlk olarak 1994 yılında Avrupa Birliği desteğiyle pilot bir proje olarak başlamış, Eylül 1999'da ise "Bolero.net" adıyla resmen faaliyete geçerek kâğıtsız ticaretin hukuki ve teknik altyapısını kurmuştur. Günümüzde Bolero International Limited tarafından işletilen sistem, ticaret işlemlerinin dijital belgeler üzerinden hızlı ve sorunsuz ilerlemesini amaçlamaktadır (Meral, 2019).

BOLERO (Bill of Lading Electronic Registry Organisation), Ana Mesaj Platformu (CMP) ile Bolero Title Registry'den oluşan ve elektronik konişmentoların düzenlenmesi, devri ve takibini sağlayan bir sistemdir. CMI Kuralları anlayışını geliştiren Bolero, onlardan farklı olarak güvenilir üçüncü taraf rolünde merkezi bir kayıt sistemi kullanmaktadır. Sisteme katılan taraflar, ilişkilerinin, mesajların standartlaştırılmasını, ispat değerini ve tarafların yükümlülüklerini düzenleyen ve kâğıt konşimento kavramını elektronik ortama uyarlayan "Rulebook" adlı bir kurallar setine tabi olduğunu kabul ederler.

CMP, mesajların iletilmesi, kaydedilmesi ve kimlik doğrulama işlemlerini yürütmekte olup, sistemde gönderilen bir mesajın hüküm doğurabilmesi için 24 saat içinde reddedilmemesi gerekmektedir (Meral, 2020). Taşıyıcı tarafından düzenlenen elektronik konişmento, CMP üzerinden kontrol edilip onaylandıktan sonra Bolero Title Registry'e kaydedilmekte ve yükletene iletilmektedir. Yükletenin 24 saat içinde itiraz etmemesi hâlinde konişmento ilişkisi kurulmuş sayılmaktadır (Karan, 2004).

Konişmentonun devrinde devir talebini içeren mesajlar CMP üzerinden iletilmekte, taşıyıcının onayı ve devralanın 24 saat içinde itiraz etmemesi üzerine sicilde gerekli değişiklik yapılmaktadır (Meral, 2020). Merkezi sicil, hamillik kaydı oluşturulduktan sonra yalnızca kayıtlı hamilin mal üzerinde hak devri talimatı verebilmesini sağlamak için sıkı güvenlik prosedürleri uygular (Meral, 2020). Sistemde aynı anda yalnızca tek bir elektronik konşimento bulunur ve hamili, kâğıt konşimentodaki hamille aynı hukuki konuma sahip olarak taşıyıcıdan teslim talep edebilir veya hakkını devredebilir (Pejović, 2004).

Sistemin temel işlevi, kanunların veya sözleşmelerin yazılı ve imzalı olmasını şart koştuğu belgeleri elektronik mesajlarla eşdeğer hâle getirerek işlevsel denklik sağlamaktır. Bolero üzerinden kullanılan dijital imzalar, el yazısı imzalarla aynı hukuki sonucu doğurmakta ve sisteme üye taraflar, işlemlerin elektronik ortamda gerçekleştirilmiş olması nedeniyle belgenin geçerliliğine itiraz edememektedir (Khayoon, 2021). Bu bağlamda Bolero, tüm işlemlerde yüksek güvenlik sağlamak amacıyla kriptografi teknolojisi kullanmakta; dijital imzalar sayesinde tüm mesajlar doğrulanarak değişiklik yapılması engellenmekte ve yetkisiz erişimlerin önüne geçilmektedir (Pejović, 2004).

Bolero, kâğıt konişmentoda yer alan taşınan eşyanınn elektronik ortamda da geçerliliğini korumasını sağlamakta ve taşıyanın standart sözleşme şartları ile charterparty hükümlerinin elektronik konişmentoya dâhil edilmesine imkân tanımaktadır (Khayoon, 2021). Gemi varış limanına ulaştığında ise sicil, Bolero konşimentosunu taşıyıcıya devretmekte ve böylece yük son hamile teslim edilmektedir. Sistem ayrıca, gerektiğinde hamile kâğıt konşimento verilebilmesini de sağlamaktadır. Tüm tarafların sisteme internet üzerinden erişebilmesi ise Bolero'nun kapalı ağ sistemlerine kıyasla daha düşük maliyetli olmasını beraberinde getirmektedir (Pejović, 2004).

Bununla birlikte, BOLERO'nun yalnızca üyelerle sınırlı olan kapalı bir sistem esasına dayanması, üçüncü kişiler meselesini ve üyeler ile bu üçüncü kişiler arasında belge devrine ilişkin işlemlerin yapılabilme ihtimalini açık bırakmaktadır(Pejović, 2004), (Meral, 2020). Sektörde elektronik konşimentoya yönelik duyulan güven eksikliği ile birlikte bu yapısal kısıtlılık, sistemin yaygınlaşmasının önündeki başlıca engellerdir (Meral, 2020). Finansman ayağını oluşturan bankacılık sektörünün sisteme yeterli desteği vermemesi de bu süreci olumsuz etkilemektedir (Bayazit & Kamal, 2024). Nitekim mevcut finansal ve lojistik direnç, elektronik konşimentonun hukuki geçerliliği ile ispat gücünün ticari uygulamalarda hâlâ çeşitli sorunlarla karşılaştığını açıkça ortaya koymaktadır (Meral, 2020).

4. Elektronik Konşimentonun İspat Gücü ve Türk Hukukundaki Yeri

Uluslararası ticarette elektronik konşimentonun kâğıt konşimento yerine kullanılabilmesi; yalnızca hukuki niteliğiyle aynı işlevi görmesine değil, aynı zamanda olası uyuşmazlıklarda mahkemeler önünde veya tahkim heyetleri nezdinde sahip olacağı ispat gücüne de bağlıdır. Küresel ticarette dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte, taşınan malın mülkiyetinin ve taşıma sözleşmesinin varlığının ispatı noktasında yaşanan hukuki tartışmalar, bu yenilikçi belgenin uygulamada yaygınlaşmasının önündeki en temel belirleyici unsurdur.

Elektronik konşimentolar; geleneksel kâğıt üzerinde düzenlenen konşimentoların taşıma sürecinde yarattığı gecikme, kayıp ve sahtecilik gibi yapısal sorunlara karşılık, ticari işlemlerde hız, maliyet ve gelecek odaklı güvenlik avantajları sunsa da, hukuki açıdan delil niteliği ve özellikle kıymetli evrak vasfını haiz olup olmadığı yönündeki tartışmalar uygulamada ciddi belirsizlikleri beraberinde getirmektedir. Elektronik konşimentonun ispat gücü ise özellikle belge üzerindeki hakların devri ve mülkiyetin geçişi açısından kritik bir hususdur. Klasik konşimento, hem taşıma sözleşmesinin kanıtı hem de mal üzerindeki hakların devrini sağlayan bir belge olarak işlev görür (Toit 2021). Benzer şekilde, konşimentonun mülkiyet belgesi olarak taşıdığı özellikler ve bu belgenin uluslararası ticaretteki sınırları da doktrinde detaylıca incelenmiştir (Schmitz 2011). Teknolojik yeniliklerin yeni tür taşıma belgelerinin ortaya çıkmasına yol açtığı ve bu belgelerin geleneksel konşimentonun rolünü sorgulatabileceği açıktır (Schmitz 2011).

Elektronik konşimentonun ispat gücünün tespit edilebilmesi için öncelikle bu belgenin ihtiva ettiği hak ve yükümlülüklerin dijital ortamda nasıl korunacağı sorununun açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Nitekim elektronik konşimentonun da geleneksel kâğıt konşimento gibi, eşyanın teslim alındığını gösterme, taşıma sözleşmesini belgeleme ve taşınan mal üzerindeki mülkiyet hakkını devretme fonksiyonlarını eksiksiz şekilde yerine getirmesi zorunludur. Elektronik ticarette hakların menkul kıymetleştirilmesi ve elektronik belgelerin devri konusu da tam bu noktada ispat gücü açısından büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte hakların menkul kıymetleştirilmesinin temelinde, elektronik devredilebilir kayıtların kontrolünün bulunması yatar (Guo 2017). Elektronik devredilebilir kayıtların kontrolünün sağlanması, kâğıt temelli menkul kıymetlerdeki mülkiyet, ciro ve teslim işlemlerine karşılık gelmekte ve bu nedenle elektronik belgelerin hukuki geçerliliği yasalarla tanınmalıdır (Guo 2017). Dolayısıyla, elektronik konşimentonun ispat gücünün artırılması için yasal düzenlemelerin yapılması kaçınılmaz bir gerekliliktir.

Elektronik konşimentoya kesin bir ispat gücü kazandırmanın yolu; küresel ölçekte standart bir formatın yakalanmasından, güvenilir merkezi kayıt mekanizmalarının kurulmasından ve verilerin hatasız aktarılmasından geçmektedir (Schmitz, 2011). Şüphesiz bu sürecin teknik boyutu tek başına yeterli değildir; dijital evrende hak sahipliğinin korunması ve mülkiyet devrinin sorunsuz bir şekilde işletilmesi amacıyla, yasal çerçevenin de bu yeni teknolojik altyapıyla tam bir uyum içinde yapılandırılması bir zorunluluktur (Schmitz, 2011; Toit, 2021).

Söz konusu dönüşüm sürecinde dijital imzalar, elektronik konşimentonun hem yasal kimliğini hem de delil kuvvetini belirleyen en kritik unsur olarak değerlendirilmektedir. Bilgisayar tabanlı elektronik konşimentoların sözleşmeler hukukundaki yeri incelendiğinde, bu belgelerin ticari ekosistemde üstlendiği çok boyutlu rollerin her birinin kendi özel şartlarında hukuki değerlendirmeye tabi tutulması gerekmektedir (Zekos, 1999). Dolayısıyla dijital imzaların yasal bağlayıcılık derecesi veya sınır ötesi uyuşmazlıklarda milletlerarası yargı yetkisinin tayini gibi gri alanlar, yürürlükteki mevzuatların bu hızlı teknolojik ivmeye uyum sağlamasını zorunlu kılmaktadır (Zekos, 1999). Meselenin küresel güvenilirlik boyutunu ele alan yaklaşımlar ise yerel otoritelerin onay mekanizmalarının ötesine geçilmesine işaret etmektedir; dijital imzaların uluslararası ölçekteki bağımsız sertifika sağlayıcıları tarafından yetkilendirilmesi, elektronik konşimentonun sınır ötesi geçerliliğini ve ispat gücünü doğrudan artıracaktır (Ahn ve Park, 2009). Tüm bu parametreler birlikte değerlendirildiğinde; geleceğin ticaret güvenliğini şekillendirecek temel unsurun, elektronik imza pratikleri ile blokzincir mimarisinin entegrasyonundan doğacağı ve bu durumun elektronik konşimentoyu lojistik süreçlerin temel dayanağı haline getireceği öngörülmektedir.

Türkiye'de elektronik konşimento uygulamasının hayata geçirilmesi için öncelikle mevcut yasal düzenlemelerin yeterliliğinin sorgulanması ve bu kapsamda yapılması gereken ilave yasal reformların ortaya konması gerekmektedir (Arıman & Erol, 2023). Türk pozitif hukuku incelendiğinde, Elektronik İmza Kanunu'nun (EİK) yürürlüğe girmesiyle birlikte elektronik işlemlerin yasal bir zemine oturtulduğu; bu gelişmelere paralel olarak Türk Ticaret Kanunu (TTK) ve Türk Borçlar Kanunu'nda (TBK) dijitalleşmeye uygun köklü değişikliklerin yapıldığı görülmektedir (Pamuk, 2011). Elektronik imzanın güvenilirliği ve yasal kabulü, elektronik belgelerin ispat gücünü artıran temel unsurlardan biridir (Çakmakkaya, 2013). Elektronik konşimentoda da benzer şekilde elektronik imzanın kullanımı, belgenin doğruluğu ve değiştirilmezliği açısından kritik bir rol oynamaktadır(Çakmakkaya, 2013). TBK m. 15/1 uyarınca güvenli elektronik imza, el yazısı imzanın tüm hukuki sonuçlarını doğurur. Daha da önemlisi, TTK m. 1526/2 maddesinde konşimento, taşıma senedi ve sigorta poliçesindeki imzanın el yazısıyla atılabileceği gibi mekanik veya elektronik herhangi bir araçla da atılabileceği açıkça hükme bağlanmıştır. Aynı maddede, düzenlendikleri ülke kanunlarının izin verdiği ölçüde bu senetlerde yer alacak kayıtların el yazısı, telgraf, teleks, faks ve diğer elektronik araçlarla yazılabileceği, oluşturulabileceği ve gönderilebileceği ifade edilmiştir. Dolayısıyla iç hukukumuz bakımından, TTK m. 1230 uyarınca kıymetli evrak niteliğine sahip olan konşimentonun elektronik ortamda düzenlenmesi yasal olarak mümkündür (Pamuk, 2011). Bu gelişmelere ek olarak Türkiye'de, Avrupa Birliği (AB) uyum yasaları çerçevesinde elektronik gümrük beyannamesi ve Ulusal Yargı Ağı Projesi (UYAP) gibi uygulamalarla kamusal ve adli süreçlerin dijitalleştirilmesine yönelik adımlar kararlılıkla sürdürülmektedir (Seçkin, 2017).

Yasal metinlerde imza ve düzenleme aşamasına biçimsel olarak izin verilmiş olsa da elektronik konşimentonun uyuşmazlık anındaki ispat kuvveti ve kıymetli evrak fonksiyonlarının uygulamadaki işleyişi henüz tam anlamıyla netlik kazanmamıştır. Hukuki metinlerin dijitalleşmesi sürecinde ortaya çıkan yeni sorunların aşılabilmesi için kapsamlı ve hukuki güvenliği esas alan bir perspektif zorunludur. Hukuki güvenlik ilkesinin korunması ve taraflar arasında güven tesis edilmesi, elektronik belgelerin mahkemelerce tereddütsüz kabul edilmesini sağlayacak dinamik yasal uygulamaların ve ikincil mevzuatın netleştirilmesini şart koşmaktadır (Bilgin, 2016). Elektronik konşimentoya ilişkin tartışmaların odak noktası, bu dijital verilerin mahkemeler ve tahkim heyetleri nezdinde nasıl bir delil vasfı taşıyacağıdır. Zira tahkim yargılamasında kullanılan belgelerin güvenilirliği ile doğruluğu, uyuşmazlıkların çözümünde belirleyici rol oynamaktadır (Eskiyörük, 2024). Bu süreçte dijital imzaların rolü büyüktür. Dijital imzaların yalnızca yerel otoritelerce değil, uluslararası sertifika sağlayıcıları tarafından da yetkilendirilmesi, elektronik konşimentonun sınır ötesi geçerliliğini doğrudan artıracaktır (Ahn ve Park, 2009). Dijital imzaların hukuki bağlayıcılığı ve milletlerarası yargı yetkisi gibi karmaşık sorunlar nedeniyle, mevcut mevzuatın bu teknolojik ivmeye hızla uyum sağlaması gerekmektedir (Zekos, 1999).

Konunun karşılaştırmalı hukuk boyutuna bakıldığında, Türk özel hukukunda elektronik belgelerin ispat gücüne ilişkin spesifik düzenlemelerin yetersiz kaldığı ve bu durumun elektronik konşimentoların mahkemelerde delil olarak sunulması hususunda tereddütler doğurduğu görülmektedir (Adal, 2012). Yabancı hukuk sistemlerinde elektronik belgelerin ispat gücüne dair daha ileri ve net düzenlemelerin bulunması, Türk hukukundaki mevzuatın güncellenmesi ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır (Adal, 2012). Akademik platformlarda da elektronik belgelerin delil olarak kabulü ve kıymetli evrak niteliğinin zedelenmeden korunabilmesi için yasal altyapının yenilenmesi gerektiği sıklıkla dile getirilmektedir (Çakır, 2018). Mesele yalnızca usuli bir delil ibrazı sorunu olmayıp, belge üzerindeki tasarruf hakkının dijital ortamda nasıl korunacağı ile de doğrudan ilgilidir. Kıymetli evrakta mülkiyetin devri ile belgenin ispat gücü arasındaki ayrılmaz bağ, kıymetli evrak hukukunun temel direğidir. Elektronik konşimentoda ise belge üzerindeki tasarruf hakkının devri ve bu devrin üçüncü kişilere karşı def'i olarak ileri sürülmesi noktasında henüz aşılamamış teknik ve hukuki engeller bulunmakta, bu durum ispat gücü tartışmalarını daha karmaşık bir boyuta taşımaktadır (Hekimler, 2021).

5. Elektronik Konşimentoda Güvenlik ve Gelecek: Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi

Elektronik konşimento süreçlerinde de muadil bir işleyişle, blokzincir altyapısı sayesinde belge üzerinde gerçekleştirilen her bir hukuki işlem ve mülkiyet/tasarruf yetkisi devri şeffaf, kronolojik ve

değiştirilemez bir surette sicile kaydedilmektedir (Todd, 2019). Dolayısıyla bu teknoloji, merkezi otoriteleri ve aracı kurumları ikame ederek verinin şeffaflığını ve şifreleme güvenliğini teminat altına almakta; böylelikle kapalı sistemlerin doğurduğu erişim sınırlılıklarını, sahtecilik risklerini ve güven sorunlarını aşarak taraflar arasında küresel ölçekte yapısal bir hukuki güven tesis etmektedir (Todd, 2019). Bununla birlikte, blokzincir mimarisinin getirdiği kağıtsız ticaret ortamı, şirketlerin fiziki evrak yönetimine dayalı geleneksel iş yapış usullerini de kökten değiştirecektir. Nitekim kurumsal organizasyonların kağıt tabanlı belgelere olan bağımlılığı bu teknoloji vasıtasıyla ortadan kalktıkça, şirket bünyelerindeki geleneksel irsaliye veya konşimento yönetimi gibi spesifik operasyonel departmanların varlık sebebi de yapısal bir tasfiye süreciyle karşı karşıya kalacaktır (Yavuz & Avunduk, 2022). Dolayısıyla e-konşimento alanında blockchain tabanlı uygulamaların ana akım haline gelebilmesi ve bu kurumsal dönüşümün yönetilebilmesi için teknik performans parametrelerinin de optimize edilmesi icap etmektedir (Şafak, Arslan, Gözütok & Köprülü, 2021). Nitekim geleneksel dağıtık defter teknolojilerinin karşılaştığı işlem hızı ve ölçeklenebilirlik (scalability) sorunları sebebiyle alternatif DLT çözümleri de literatüre dahil olmuştur (Şafak, et al., 2021). Bu kapsamda tebarüz eden Hashgraph, Tangle ve Holochain gibi yeni nesil teknolojiler, klasik blokzincir mimarisinin kısıtlılıklarını aşmayı hedeflemekte olup, bu teknolojik gelişmeler elektronik konşimento sistemlerinin çok daha verimli, süratli ve kullanıcı dostu bir hüviyet kazanmasına hizmet edebilecek niteliktedir (Şafak et al., 2021).

Diğer taraftan, elektronik konşimento pratiklerinde blokzincir teknolojisinin yalnızca teknik ve yazılımsal altyapısının değil, sosyal ve bilişsel boyutlarının da mütalaa edilmesi hukuki ve operasyonel bir zorunluluktur (Durán, Fernández-Campusano, Carrasco, Vargas & Navarrete, 2021). Liman ve lojistik enformasyon sistemlerinde sosyal aktörlerin karar alma mekanizmalarına katılımını teşvik ederek kolektif bilgi üretimini destekleyen Kitle Kaynaklı Blokzincir (Crowdsourcing Blockchain - CrowdBC) gibi teorik çerçeveler, bu süreçte sadece teknolojik inovasyonun değil, aynı zamanda operasyonel başarı ve hukuki kabul için sosyal inovasyonun da vazgeçilmez bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır (Durán et al., 2021).

Ayrıca bu teknolojik altyapının ayrılmaz bir cüzü olarak devreye giren blokzincir tabanlı akıllı sözleşmeler (smart contracts), ticari ilişki ağlarının hukuki boyutta nasıl şekilleneceğine dair sosyo-hukuki yeni bir perspektif arz etmektedir (Naidoo, 2022). Akıllı sözleşmelerin geleneksel akdi ilişkileri ve sözleşme ağlarını dönüştürme potansiyeli, elektronik konşimentonun üstlendiği rolün yalnızca teknik bir otomasyondan ibaret olmadığını; aynı zamanda taraflar arasındaki borçlar hukuku ve eşya hukuku ilişkilerinin yapısal olarak yeniden tanzim edilmesi bağlamında derin hukuki etkiler barındırdığını göstermektedir (Naidoo, 2022).

Söz konusu teknolojik ve normatif dönüşüm, finans sektörü (Fintech) ile de doğrudan illiyet bağına sahiptir (Natarajan, 2017). Dağıtık defter teknolojisinin finansal hizmetler ve bankacılık hukukunda yarattığı devrimsel başkalaşım ve bu alandaki rüştünü ispat etmiş başarılı uygulamalar, deniz taşımacılığı gibi diğer küresel ticari sektörlere de somut ve uygulanabilir birer emsal teşkil etmektedir (Natarajan, 2017). Dolayısıyla finansal altyapılarda gözlemlenen bu dijital inovasyonun, uluslararası ticaretin en temel finansman, teminat ve mülkiyet araçlarından olan deniz taşımacılığı belgelerine (kıymetli evraka) sirayet etmesi kaçınılmaz bir süreç olarak nitelendirilmelidir (Natarajan, 2017).

Tüm bu teknolojik, operasyonel ve sosyo-ekonomik dönüşümlerin yanı sıra, elektronik konşimentonun yasal zemini ve hukuki altyapısı da halen tekâmül etmekte olan (gelişim halindeki) bir alan olarak varlığını sürdürmektedir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026). Uluslararası ticarete konu belgelerin dijitalleştirilmesi sürecinde, yürürlükteki ulusal mevzuatların elektronik belgeleri nasıl tanımladığı ve hangi şartlar altında geçerli kabul ettiği hususu, sistemin işlerliğini doğrudan doğruya etkilemektedir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026). Nitekim blokzincir tabanlı elektronik konşimentoların yasal belirsizlikler ve mevzuat boşlukları sebebiyle küresel ölçekte yaygınlaşmasının önünde ciddi normatif engeller bulunmaktadır; bu doğrultuda e-konşimentonun tam anlamıyla uygulanabilirliği adına mevcut yasal standartların ve düzenleyici çerçevelerin net bir biçimde tayin edilmesi elzemdir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026).

Hukuki düzenlemeler bağlamında karşılaştırmalı hukuktan Brunei Darussalam örneği tetkik edildiğinde de mevcut yerel mevzuatın, dijitalleşmenin hızının gerisinde kaldığı ve kapsamlı kanuni düzenlemelere ihtiyaç duyulduğu açıkça müşahede edilmektedir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026). Bu durum, benzer hukuki

ve ekonomik dinamiklere sahip gelişmekte olan ülkelerde de tecrübe edilen ortak bir yasal bariyer (mevzuat engeli) olarak mütalaa edilebilir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026). Netice itibarıyla, söz konusu yasal belirsizlikleri izale etmek ve süreci normatif açıdan desteklemek adına, Rotterdam Kuralları ve Elektronik Devredilebilir Kayıtlara İlişkin UNCITRAL Model Kanunu (MLETR) gibi uluslararası üst normların ve konvansiyonların, tüm devletler için bağlayıcı ve yeknesak (tek tip) bir küresel yasal çerçeve sunması kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026).

Sonuç olarak, elektronik konşimentoda güvenlik ve gelecek vizyonuna ilişkin tartışmalar son derece multidisipliner ve çok boyutlu bir mahiyete sahip olup; teknik altyapıdan hukuki kodifikasyona, sosyal kabulden yönetişim modellerine ve finansal entegrasyonlara kadar oldukça geniş bir yelpazeyi ihata etmektedir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026). Blokzincir teknolojisi bu sahada operasyonel sürat, şeffaflık ve hukuki güvenlik adına mühim fırsatlar sunarken, beraberinde sistemsel ve teknik birtakım zorlukları da getirmektedir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026).

Sürecin sürdürülebilirliği ve hukuki güvenliği adına, bilhassa küresel ve yerel düzeydeki yasal belirsizliklerin giderilmesi, kapsamlı düzenleyici (regülatif) çerçevelerin ihdas edilmesi, teknolojinin sosyal ve ticari kabulünün sağlanması ve etkin yönetişim mekanizmalarının geliştirilmesi kritik bir ehemmiyete haizdir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026). Elektronik konşimento alanındaki bu çok yönlü hukuki ve teknik tartışmaların somut kanuni çözümlere tahvil edilebilmesi için hem akademik literatürde hem de endüstriyel/ticari pratik düzeyinde bilimsel çalışmaların yoğunlaştırılması gerekmektedir (Schiltz, 2019; Tsai, 2026).

6. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, elektronik konşimentonun hukuki niteliği ve ispat gücü konusu; teknik, ekonomik ve hukuki katmanları olan çok boyutlu bir değerlendirme gerektirmektedir. Geleneksel kağıt konşimento ile karşılaştırıldığında, elektronik konşimentonun mülkiyet devri işlevini tam anlamıyla yerine getirebilmesi için uluslararası ve ulusal hukukta reformlara ihtiyaç duyulmaktadır. Hukuki düzenlemeler, teknolojik altyapı, kullanıcı güveni ve uluslararası standartlar bu yapının temel taşıyıcı kolonlarıdır. Gelinen noktada, e-konşimento kullanımı için hem ulusal hem de uluslararası düzeyde birtakım yasal düzenlemelerin halihazırda mevcut olduğu görülmektedir (Arıman & Erol, 2023). Ancak Rotterdam Kuralları gibi uluslararası düzenlemelerin yürürlüğe girmemesi ve yerel mevzuatların güncellenmemesi, elektronik konşimentonun yaygınlaşmasını engelleyen temel faktörlerdir (Meral, 2020). Mevcut düzenlemelerin kâğıt üzerinde kalmayıp fiilen hayata geçirilebilmesi adına, gerekli teknik altyapının vakit kaybedilmeden oluşturulması kritik bir önem taşımaktadır. Ayrıca bankaların teminat ve akreditif işlemlerinde hâlâ kağıt konşimento talep etmesi, sektördeki kronik güven eksikliğinin en somut göstergesidir (Meral, 2020). Bununla birlikte, elektronik belge kullanımına dair yasal kuralların gri alanlardan arındırılarak daha açık, net ve öngörülebilir bir şekilde ortaya konulması, taşımacılık paydaşlarının dijital ortama karşı besledikleri önyargıları ortadan kaldırabilecektir (Arıman & Erol, 2023).

Elektronik konşimentonun kâğıt belgeye eşdeğer bir hukuki statüye ve ispat kuvvetine kavuşabilmesi için elektronik imza gibi teknolojik araçların yasal olarak tanınması ve güvenli dijital imza sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir (Çakmakkaya, 2013). Elektronik devredilebilir kayıtların kontrolü, kağıt temelli menkul kıymetlerin sahiplik ve ciro işlevlerine eşdeğer kabul edilmeli ve bu durum yasalarla güvence altına alınmalıdır (Guo, 2017). Bu bağlamda, hukuki çerçevenin ulusal mevzuat düzeyinde uluslararası normlarla uyumlaştırılması ve müzakere edilebilirlik özelliklerinin netleştirilmesi de büyük önem arz etmektedir (Geva, 2022). Dolayısıyla nihai çözüm; kuralları ve standartları küresel ölçekte belirleyen, dünya genelinde tam bir yeknesaklık sağlayan ve tüm taşımacılık aktörlerini ortak bir zeminde buluşturan entegre bir e-konşimento düzenlemesinden geçmektedir. Böylesi bütüncül bir yaklaşım, tarafların sürece tam katılımını tetikleyecek, ülkeler bazında geniş tabanlı uluslararası sözleşmelerin akdedilmesinin önünü açacak ve küresel ticaret zincirinde ihtiyaç duyulan sürdürülebilir güven ortamını inşa edecektir (Arıman & Erol, 2023).

Dijital ticaretin doğası gereği, sadece hukuki düzenlemeler değil aynı zamanda taraflar arasındaki güven ilişkilerinin tesis edilmesi ve ticari aktörlerin bilinçlendirilmesi de gerekmektedir. Ilias Ioannou'nun

vurguladığı üzere, blockchain teknolojisi tek başına yeterli olmayıp, platformlarda davranış standartlarının oluşturulması ve sözleşme tasarımının dikkatle yapılması gerekmektedir (Ioannou, 2023). Bununla birlikte, blockchain ve akıllı sözleşmeler gibi yeni nesil teknolojilerin sisteme entegrasyonu, elektronik konşimentonun değiştirilemezliğini ve dolayısıyla ispat gücü konusundaki şüpheleri tamamen ortadan kaldırabilir. Bu durum, elektronik konşimentonun pratikte kabul görmesi için hukuki düzenlemeler kadar sosyal ve ekonomik faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Ancak bu süreçte küresel ölçekte bir iş birliği ve yeknesak standartların geliştirilmesi hayati önem taşımaktadır.

Sonuç itibarıyla, elektronik konşimentonun ticari hayatta kâğıdın yerini tamamen alabilmesi için hem teknik hem de hukuki bariyerlerin aşılması zorunludur. Bu alanda yapılacak reformlar; teknolojik gelişmelerin getirdiği yeniliklerle uyumlu, uluslararası standartlara uygun ve taraflar arasında güven tesis eden mekanizmalar içermelidir. Reformların başarısı ise ancak hukuk kültürünün ve ticari teamüllerin dikkate alınmasıyla mümkün olacaktır (Schmitz, 2011). Uluslararası tahkim uygulamaları, karşılaştırmalı hukuk yaklaşımları ve güncel ekonomik araştırmalar; dijitalleşmenin dış ticaret profesyonellerine vaat ettiği verimliliğin reel karşılık bulabilmesi için yasal reformların geciktirilmeden hayata geçirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Eskiyörük, 2024; Adal, 2012; Çakır, 2018; Hekimler, 2021; Bilgin, 2016; Pamuk, 2011; Seçkin, 2017; Ahn ve Park, 2009; Zekos, 1999; Meral, 2020; Arıman & Erol, 2023).

Türk hukukunda elektronik konşimentonun ispat gücünün geleceğini ve bu alandaki yasal dönüşümü şekillendirecek temel sorular ise güncelliğini korumaktadır: Elektronik konşimentolar kıymetli evrak niteliğini ve bunun getirdiği hukuki hakları tam anlamıyla taşıyabilir mi? Mahkemeler, elektronik konşimentoyu geleneksel kâğıt belge ile eşdeğer bir kesin delil olarak kabul etmeli midir? Dijital ortamda belge üzerindeki tasarruf ve mülkiyet hakkı tam güvenlikle nasıl korunabilir? Uluslararası standartlarla entegre, dinamik ve küresel ölçekte geçerli bir ulusal düzenleme nasıl inşa edilebilir?

KAYNAKÇA

Adal, E. (2012). *Fundamentals of Turkish private law*. İstanbul: Legal Yayıncılık.

Adascalitei, O. (2013). *Implications of the bill of lading usage in the process of goods transportation by sea*. *Constanta Maritime University Annals, 20*(2), 183–186.

Ahn, B.-S., & Park, T.-H. (2009). A study on the clause of Uniform Commercial Code for electronic bills of lading. *Journal of Trade and Information Studies, 11*(2), 281–300.

Arıman, M. M., & Erol, S. (2023). Denizyolu taşımacılığında elektronik konişmento kavramı: Türkiye açısından mevzuat analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 15*(1), 108–128. https://doi.org/10.18613/deudfd.1127674

Baughen, S. (2023). *Shipping law* (8th ed.). London, England: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003279525

Bayazit, O., & Kamal, B. (2024). Application of fuzzy AHP for assessment of transitional barriers to electronic bill of lading [Elektronik konişmentoya geçiş engellerinin değerlendirilmesinde bulanık AHP uygulaması]. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences, 10*(2), 89–104. https://doi.org/10.52998/trjmms.1375414

Bilgin, A. B. (2016). *Avrupa Birliği'nde insan haklarının gelişimi ve korunması: Tüm yönleriyle AB insan hakları hukuku*. İstanbul: Legal Yayıncılık.

Chen, J., Jiang, Z., Wang, D., & Yang, C. (2022). *Research on the legal nature of bill of lading (BOL) in international cargo transportation*. *International Journal of Law and Society, 5*(1).

Çağa, T., & Kender, R. (2009). *Deniz ticareti hukuku-I: Giriş, gemi, donatan ve kaptan* (12. bs.). İstanbul: Levha Yayıncılık.

Çakır, M. (Ed.). (2018). *Uluslararası sosyal & hukuk çalışmaları kongresi = International congress on social & legal studies*. İstanbul: Legal Yayıncılık.

Çakmakkaya, B. Y. (2013). *Türk vergi hukukunda elektronik imza uygulamaları ve adaptasyonu*. Legal Yayıncılık.

Dubovec, M. (2005). The problems and possibilities for using electronic bills of lading as collateral. *Arizona Journal of International and Comparative Law*, *23*(2), 437–466.

Durán, C. A., Fernández-Campusano, C., Carrasco, R., Vargas, M., & Navarrete, A. (2021). Boosting the decision-making in smart ports by using blockchain. *IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3112899

Eskiyörük, S. (2024). *Uluslararası tahkim sözlüğü: Terminology in international arbitration*. İstanbul: Legal Yayıncılık.

Geva, B. (2022). *The negotiable transport document*. Osgoode Legal Studies Research Paper. Forthcoming in *Lloyd's Maritime and Commercial Law Quarterly*. https://ssrn.com/abstract=4111312 https://doi.org/10.2139/ssrn.4111312

Guo, P. (2017). Securitization of rights in electronic commerce environment. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Education Science and Economic Management (ICESEM 2017)* (Advances in Social Science, Education and Humanities Research, Vol. 106, pp. 111–115). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/icesem-17.2017.26

Karan, H. (2004). *Elektronik konişmento*. Ankara, Türkiye: Turhan Kitabevi.

Kender, R., Çetingil, E., & Yazıcıoğlu, E. (2017). *Deniz ticareti hukuku: Temel bilgiler (Cilt 1)*. İstanbul, Türkiye: On İki Levha Yayıncılık.

Khayoon, A. A. (2021). *The legal recognition of electronic bills of lading* (WMU Research Report Series No. 17). Malmö, Sweden: World Maritime University. https://doi.org/10.21677/phd202010b

Hekimler, A. (Ed.). (2021). *Festschrift für Otto Kaufmann armağanı*. İstanbul: Legal Yayıncılık.

Ioannou, I. (2023). *Relational trade networks*. *The Cambridge Law Journal*, *82*(3), 450–482.

Meral, Y. (2020). Uluslararası ticaret ve elektronik konişmentonun (BOLERO) rolü [International trade and role of electronic bill of lading (BOLERO)]. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *8*(1), 171–178. https://doi.org/10.18506/anemon.573178

Naidoo, L. (2022). (Smart) contractual networks in the carriage of goods by sea. In A. Basu-Bal, T. Rajput, G. Argüello, & D. Langlet (Eds.), *Regulation of risk: Transport, trade and environment in perspective* (pp. 573–602). Brill. https://doi.org/10.1163/9789004518681_021

Natarajan, H., Krause, S., & Gradstein, H. (2017). *Distributed ledger technology (DLT) and blockchain*. Washington, DC: The World Bank. https://doi.org/10.1596/29053

Özel, B. (2024). Uluslararası eşya taşımalarında taşıma belgeleri. *Ankara Barosu Dergisi*, *82*(2), 293–313.

Pamuk, N. (2011). *Rotterdam kuralları ve Türkiye açısından değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Pejovic, C. (2004). *Documents of title in carriage of goods by sea under English law: Legal nature and possible future directions*. Zbornik Pravnog fakulteta u Rijeci, 25(1), 59-88.

Schiltz, Q. (2019). Legal compliance of the electronic bill of lading. In *Proceedings of the International Conference on Digital Transformation and Law in International Trade (ICDTLI 2019)* (pp. xx–xx). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/icdtli-19.2019.76

Schmitz, T. (2011). *The bill of lading as a document of title*. *Journal of International Trade Law and Policy*, *10*(3), 255–280. https://doi.org/10.1108/14770021111165526

Seçkin, N. (2017). *Uluslararası ticarette kullanılan belgelerin elektronik ortama taşınma süreci* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Dış Ticaret Enstitüsü, Uluslararası Ticaret Hukuku ve AB Hukuku Anabilim Dalı, İstanbul.

Şafak, E., Arslan, Ç., Gözütok, M., & Köprülü, T. (2021). Dağıtık defter teknolojileri ve uygulama alanları üzerine bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 29*, 36–45. https://doi.org/10.31590/ejosat.1011289

Todd, P. (2019). Electronic bills of lading, blockchains and smart contracts. *International Journal of Law and Information Technology, 27*(4), 339–371. https://doi.org/10.1093/ijlit/eaaa002

Toit, S. F. (2020). Aspects of the bill of lading as a document of title in the eras of the third and fourth industrial revolutions. In P. Vrancken & C. Hugo (Eds.), *African perspectives on selected marine, maritime and international trade law topics* (ss. 135–160). Stellenbosch, South Africa: African Sun Media. https://doi.org/10.18820/9781991201072/07

Tsai, H.-H. (2026). Electronic bills of lading and blockchain technology: A regulatory perspective. *Journal of Marine Science and Technology, 34*(1.

Yıldız, R. Ö., & Baştuğ, S. (2018, September 7–8). *Blok zincir teknolojisi kapsamında elektronik konşimento*. IV. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics Congress, Didim/Aydın, Türkiye, Pp. 41-52.

Zekos, G. (1997). The contractual role of bills of lading under international conventions and reports. *Managerial Law*. https://doi.org/10.1108/eb022481

Zekos, G. I. (1999). EDI and the contractual role of computerised (electronic) bills of lading. *Managerial Law, 41*(6), 1–34. https://doi.org/10.1108/03090559910770168

Zekos, G. (2000). Comparative analysis of the contractual role of bills of lading under Greek, United States and English law. *Managerial Law*. https://doi.org/10.1108/03090550010770175

Zeng, L., Jiang, Z., Ren, L., & Yang, C. (2022). *Reconsideration of the bill of lading as a document of title*. *International Journal of Law and Society, 5*(1).

RELATIONSHIP MARKETING IN EXPORT-ORIENTED SMES: FACTORS DRIVING LONG-TERM PARTERSHIPS BETWEEN LATIN AMERICAN SUPPLIERS AND EUROPEAN BUYERS

Assoc. Prof. Altuğ OCAK

Istanbul Beykent University, Department of Tourism ve Hotel Management, Esenyurt, Istanbul

ORCID: 0000-0002-8018-4158

ABSTRACT

This study examines how communication quality, trust and commitment are associated with partnership longevity in relationships between Latin American export-oriented SMEs and European buyers. Drawing on commitment-trust theory, the study proposes a relational model in which communication quality influences trust, trust influences commitment and partnership longevity and commitment mediates the relationship between trust and partnership longevity. Data were collected through an online survey of 312 export-oriented SMEs in Colombia, Peru, Chile and Ecuador and analyzed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). The findings indicate that communication quality is positively associated with trust, while trust positively influences both commitment and partnership longevity. Commitment also positively influences partnership longevity and significantly mediates the relationship between trust and partnership longevity. The study extends relationship marketing research to an underexplored intercontinental SME export context characterized by geographic distance, institutional diversity and relational uncertainty. The findings suggest that long-term exporter-buyer relationships depend not only on transactional performance, but also on relational capabilities that support trust, commitment and continuity in cross-border exchange.

Keywords: Relationship marketing; trust; commitment; SMEs; exporter-buyer relationships

İHRACAT ODAKLI KOBİ'LERDE İLİŞKİ PAZARLAMASI: LATİN AMERİKALI TEDARİKÇİLER İLE AVRUPA'LI SATIN ALICILAR ARASINDAKİ UZUN VADELİ İŞ BİRLİKLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

ÖZET

Bu çalışma, Latin Amerika'daki ihracata yönelik KOBİ'ler ile Avrupalı alıcılar arasındaki ilişkilerde iletişim kalitesi, güven ve bağlılığın ortaklık süresiyle nasıl ilişkili olduğunu incelemektedir. Bağlılık-güven teorisinden yola çıkan çalışma, iletişim kalitesinin güveni, güvenin ise bağlılığı ve ortaklık süresini etkilediği; bağlılığın ise güven ile ortaklık süresi arasındaki ilişkiyi aracılık ettiği bir ilişkisel model ortaya koymaktadır. Veriler, Kolombiya, Peru, Şili ve Ekvador'daki 312 ihracat odaklı KOBİ'ye yapılan çevrimiçi anket sonucunda toplanmış ve Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modeli (PLS-SEM) kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgular, iletişim kalitesinin güvenle pozitif ilişkili olduğunu, güvenin ise hem bağlılığı hem de ortaklığın uzun ömürlülüğünü olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bağlılık da ortaklığın uzun ömürlülüğünü olumlu yönde etkilemekte ve güven ile ortaklığın ömrü arasındaki ilişkiyi önemli ölçüde aracılık etmektedir. Bu çalışma, ilişki pazarlaması araştırmalarını, coğrafi mesafe, kurumsal çeşitlilik ve ilişki belirsizliği ile tanımlanan, yeterince araştırılmamış kıtalararası KOBİ ihracatı bağlamına genişletmektedir. Bulgular, uzun vadeli ihracatçı-alıcı ilişkilerinin sadece ticari performansa değil, aynı zamanda sınır ötesi ticarette güven, bağlılık ve sürekliliği destekleyen ilişkisel yetkinliklere de bağlı olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: İlişki pazarlaması; güven; bağlılık; KOBİ'ler; ihracatçı-alıcı ilişkileri

1. INTRODUCTION

In international business, the importance of long-term buyer-supplier relations has gained particular prominence in recent decades, especially in situations of uncertainty, physical distance and institutional diversity. For exporting SMEs from developing countries, such partnerships are not just desirable - they are often crucial in ensuring the sustainability of exports and repeat sales in foreign markets, reducing the risk and uncertainties related to international transactions. Given the limited financial, organizational and informational capabilities of many such SMEs when entering distant international markets, the development and maintenance of relational stability appears to be especially important.

Against this background, the examination of relationship marketing mechanisms within the intercontinental partnership between Latin American suppliers and European buyers emerges as a highly relevant case study. Intercontinental partnerships tend to be characterized by physical distance, institutional diversity, divergent business norms and challenges in cross-language/cross-cultural communication. For SME exporters whose international bargaining power and resource buffers cannot compare with those of multinational firms, relational stability becomes a particularly critical strategic resource rather than a mere marketing function.

One of the theoretical frameworks suitable for understanding the dynamics of such partnerships is the one of relationship marketing. Unlike transactional marketing which focuses exclusively on exchange, relationship marketing centers on creating and maintaining durable exchange relationships through trust, commitment and cooperation (Morgan & Hunt, 1994). One of the prominent theories in this area is commitment-trust theory that posits that success in relational exchange relies fundamentally on trust and commitment, which act as key mediating constructs towards cooperative and long-term outcomes. While relational constructs like trust and commitment become increasingly significant in cross-cultural B2B exchanges where coordination and cooperation require the resolution of diverse institutional, legal and communication-related obstacles, in addition to the risk of opportunistic behavior.

The relationship marketing literature is quite vast, although some important gaps exist in it. Previous research has produced rich empirical insights into the role of trust, commitment and communication in domestic and intra-regional exchange processes and examined relationship quality between exporters and importers in general terms (e.g. Leonidou et al., 2014; Palmatier et al., 2006). Yet few studies have examined Latin American SMEs' relationships with European counterparts in cross-continental export partnerships. This is a problem because, while relational constructs like trust and commitment retain their fundamental importance, in cross-continental exchanges they might assume new significance due to the high degree of institutional distance and the associated challenges of communicating, coordinating and building trust in order to establish sustainable relational processes. Thus, while in conventional exchange processes, relational mechanisms work together to produce mutually beneficial outcomes for the parties involved, in intercontinental transactions, relational processes become critical for the initial reduction of uncertainties before moving to trust and commitment and further, to the creation of long-term relationships.

Hence, this study will examine whether communication quality, trust and commitment are related to partnership duration in export relationships between Latin American and European companies. Relying on commitment-trust theory, it will test three main relationships: communication quality -> trust, trust -> commitment/partnership duration and commitment -> partnership duration. In addition, commitment's mediating role in the relation between trust and partnership duration will be investigated.

There are several reasons for conducting this study. First, the analysis of export-oriented relationships between Latin American and European companies represents an underresearched issue within the existing literature on relationship marketing. Second, extending the reach of commitment-trust theory to a cross-continental setting will demonstrate the increased salience of its key mechanisms in geographically distant and institutionally diverse B2B exchanges. Third, in the examined setting, the role of communication quality will go beyond that of an operational tool for coordination in order to become an integral part of relational process. Managerially, the results of the study will be important for Latin American SME exporters looking to develop and sustain relationships in European markets via improved communication.

The rest of this paper is structured as follows. In section 2, the relevant literature review and theoretical framework will be discussed and the study hypotheses will be outlined. In section 3, the research methodology and analytical approach will be described. The results will be presented in section 4. Discussion of the findings will be undertaken in section 5.

2. LITERATURE REVIEW AND HYPOTHESES DEVELOPMENT

2.1. Relationship Marketing in International B2B Contexts

Relationship marketing has been considered a cornerstone of marketing practice and interorganizational exchange due to its focus on building, nurturing and enhancing sustainable relational bonds instead of making transactions (Morgan & Hunt, 1994; Sheth, 2017). In B2B exchange processes, relationship marketing is extremely important since partners typically conduct their exchanges repeatedly, cooperate with each other on various projects and need each other for acquiring information, making adaptations and generating value. Therefore, such relational aspects as trust, commitment and communication effectiveness can determine exchange performance and continuity (Palmatier et al., 2006).

This aspect becomes crucial when B2B exchange is conducted internationally. Foreign exchange usually implies some institutional and cultural discrepancies, greater legal complexity and heightened uncertainty, which make relational variables and approaches crucial for overcoming these difficulties. Relational approaches are known for their ability to resolve ambiguities, coordinate actions and ensure adjustment within the relationship (Leonidou et al., 2014; Graça et al., 2021). Relationship marketing thus serves as both a tool for increasing exchange performance and as a means of facilitating continuity and stability in international exchange contexts.

For export-oriented SMEs, relationship management can be considered especially valuable. Due to limited resources available to SMEs, compared to multinationals, maintaining reliable buyer relations is crucial for gaining market knowledge, eliminating uncertainties and securing repeat purchases. In case of export to distant markets, such factors can be enhanced by the necessity to overcome such barriers as different time zones, languages and cultures, along with logistical and regulatory difficulties (Fink & Kraus, 2007; Leonidou et al., 2018). Durable relationships with overseas buyers may become the key competitive advantage for SMEs to thrive internationally.

The relevance of relational variables becomes evident when considering Latin American SMEs exporting goods to Europe. SMEs are usually operating in underdeveloped institutions and are deprived of numerous resources. At the same time, they face the challenge of selling their products in developed countries, where demands are high and regulations are strict. In these intercontinental relations, poor communication can be a source of additional uncertainty, trust can be difficult to develop and commitment can become crucial for continuing the relationship. Commitment-trust theory becomes relevant for analyzing this situation.

2.2. Commitment-Trust Theory as the Study's Theoretical Foundation

Commitment-trust theory suggests that trust and commitment represent the two most critical mediating factors that influence successful relational exchanges (Morgan & Hunt, 1994). The trust factor in this theory is defined by the belief in reliability and integrity of the exchange partner, whereas the concept of commitment refers to the persistent intent to maintain a valued relationship. As the theory goes, organizations that view each other as reliable and establish commitment to their cooperation are inclined to cooperate and invest into a relationship with a view to generating long-term benefits.

Clearly, this theoretical approach is highly relevant in relation to relations between exporters and buyers on the international market. In these circumstances, firms face difficulties associated with making decisions based on the lack of relevant information, absence of direct monitoring and increased transactional risks. The trust helps reduce fears about possible opportunistic actions and generates confidence regarding consistent conduct of the partners, whereas commitment facilitates cooperation and promotes investments in the relationship.

However, although the commitment-trust framework has been widely employed in the research of domestic and regional exchange environments, its application in the analysis of intercontinental export-oriented SME relations is rather scarce. This fact can be explained by the increased relevance of relational factors in the environment characterized by uncertainties and coordination problems. Under these conditions, quality communication may play a critical role in establishing initial trust; trust may prove crucial in creating commitment and the latter - significant for maintaining partnership continuity.

2.3. Communication Quality and Trust

Communication quality, according to Mohr and Nevin (1990) and Mohr and Spekman (1994), means that the communicated information among the exchange partners is timely, accurate, adequate and credible. Moreover, inter-organizational communication consists of much more than only conveying relevant operational information to the partner. It also carries implicit signals about the nature of relationships, such as openness, responsiveness and cooperation.

International business-to-business relations pose particular challenges to inter-organizational communication. For example, communication problems arise due to distance, language barriers, time difference and varying cultures, all of which complicate communication across borders. Therefore, good communication can help minimize uncertainties associated with cross-border collaboration. Such high-quality communication is particularly valuable for small and medium enterprises that do not possess extra buffers in the foreign environment and must rely heavily on responsive interaction and information provision.

As far as the commitment-trust theory goes, communication quality can be considered an antecedent to trust as it minimizes information asymmetry. Indeed, when exchange partners convey timely information, explain their actions adequately and demonstrate transparency in communication, they set up conditions for positive expectations regarding competence and credibility on the part of the other party. Prior studies have demonstrated time after time that good communication fosters higher trust in inter-firm and channel relationships (Mohr & Nevin, 1990; Sharma & Patterson, 1999; Leonidou et al., 2014).

Exporter-buyer relations characterized by institutional and geographical distance become another case in point. The presence of such features as communication quality becomes particularly relevant and obvious in this type of relationship since it can signal to the buyer the reliability of the partner. Accordingly, the following hypothesis is proposed:

H1: Communication quality positively influences trust.

2.4. Trust and Partnership Longevity

Trust can be defined as a readiness to rely on one's trading partner due to trust in the dependability, honesty and competency of that partner (Doney & Cannon, 1997). Within relationship marketing theory, trust is considered a fundamental relational construct, which facilitates lower perceived vulnerability, diminishes fears of opportunism and encourages cooperation. Thus, in relation to trust, trading firms are more inclined to maintain their business partnership, withstand any challenges in it and participate in adaptation.

Indeed, there is a considerable amount of research dedicated to exploring how trust is related to long-term exchange results. The effect of trust on transactions is reflected by its impact on lowering the need for costly controls and safeguards, as well as enhancing the likelihood of continued trading relations (Palmatier et al., 2006). Within B2B relationships, trust contributes to continuity since the parties involved in trading perceive each other as reliable and would refrain from searching for alternatives during minor setbacks or uncertainties within the market environment.

In case of international exporter-buyer relationships, the importance of trust in facilitating trade continuity becomes more salient. Indeed, with international transactions, enforcing any legal protection may be difficult and the external environment may be uncertain. Thus, in this context, trust acts as an

important mechanism helping businesses keep their trading relations despite the unfavorable conditions. Latin American SME exporters trading with European buyers find themselves at a disadvantage because of the high distance and low visibility involved. Under such conditions, trust plays an important role. Hence, we can hypothesize that:

H2: Trust positively influences partnership longevity.

2.5. Trust and Commitment

Other than being a direct contributor to relationship continuity, trust should also serve as a facilitator of commitment. This refers to the lasting willingness of a business to preserve and develop a valued relationship and invest resources in doing so (Morgan & Hunt, 1994; Anderson & Weitz, 1992). In essence, where as trust refers to confidence in the behavior of a business' counterpart, commitment relates to the motivation and attachment towards the relationship that ensures continuity.

Commitment-trust theory considers trust to be one of the key precursors of commitment. If a firm is sure that it is dealing with a trustworthy and honest counterpart, then there is less risk associated with that partnership and therefore higher perceived value, thus leading to greater likelihood of sustaining and developing the relationship further. This way, trust enables a simple transactional exchange to become a strategic alliance. A number of studies in the areas of business-to-business relations and export have found significant positive correlation between trust and relational commitment and cooperation (Doney et al., 2007; Chang et al., 2012; Leonidou et al., 2014).

Since SME exporters operate with fewer resources at their disposal, they would be unlikely to make any great commitments to a foreign relationship unless they trusted the partner and believed in its long-term sustainability. Consequently, trust might be considered a necessary relational prerequisite for forming a commitment among exporters and buyers. On this basis, the following hypothesis is proposed:

H3: Trust positively influences commitment.

2.6. Commitment and Partnership Longevity

Commitment has been identified as a critical determinant of relationship continuity in marketing channels and business exchanges (Morgan & Hunt, 1994; Theron et al., 2008). Commitment involves an orientation towards long-term relationship continuity that implies the ability to sustain relationships regardless of difficulties related to the shorter term and competing choices or changes in the environment. In practice, it implies an intention of partners to expend time, energy and other resources on relationship continuation.

From a theoretical perspective, commitment helps relationships endure since committed partners invest specifically in their relationships, plan together and tolerate interruptions without breaking up the collaboration. Hence, commitment can be regarded as one of the mechanisms responsible for turning relational intentions into relational actions. Previous studies have demonstrated that commitment results in customers' retention and relationship endurance and leads to improved results for companies in B2B relationships (Palmatier et al., 2006; Gounaris, 2005).

International SME export relations are expected to be characterized by higher importance of commitment as such relationships often imply accommodation to regulations, logistics coordination, individualized specification as well as communication from distance. Hence, commitment allows for maintenance of those activities irrespective of low immediate benefits. From this perspective, commitment is one of the key determinants of international buyer-supplier relationship endurance. This is the basis for the following hypothesis:

H4: Commitment positively influences partnership longevity.

2.7. The Mediating Role of Commitment

While trust is anticipated to lead to longer lasting partnerships directly, it might also have a potential indirect effect via commitment. According to the concept of commitment-trust theory, trust does not reduce only perceived risk but also fosters commitment, thus supporting long term behavior and partnership continuity (Morgan & Hunt, 1994). Thus, one can conclude that the role of trust in partnership longevity can be direct or mediated through commitment.

Moreover, the mediating effect of commitment is well-aligned with the natural process of relationship development. Indeed, while trust is often viewed as confidence in one's partner's reliability and trustworthiness, commitment involves willingness to make efforts for maintaining the relationship in the future. Hence, trust may facilitate relationship development, allowing commitment to emerge and then promote the long-term nature of relationships and exchanges.

These ideas were also supported by earlier studies showing that the effects of trust on various aspects of relational behavior may often occur due to its influence on the development of commitment (Palmatier et al., 2006; Leonidou et al., 2014).

This mediating effect should be especially significant for the intercontinental export of SMEs. Here, while trust is needed to lower initial risks and uncertainties, commitment may play a more significant role as a factor facilitating sustainability and long term development. Thus, it is reasonable to suggest that commitment will be a mediator of the effect of trust on partnership longevity. Therefore, the following mediation hypothesis is formulated:

H5: Commitment mediates the relationship between trust and partnership longevity.

2.8. Conceptual Model

Integrating the above arguments, the proposed conceptual model suggests that communication quality is positively associated with trust, trust is positively associated with both commitment and partnership longevity and commitment is positively associated with partnership longevity. In addition, commitment is expected to mediate the relationship between trust and partnership longevity. Figure 1 presents the conceptual model examined in this study.

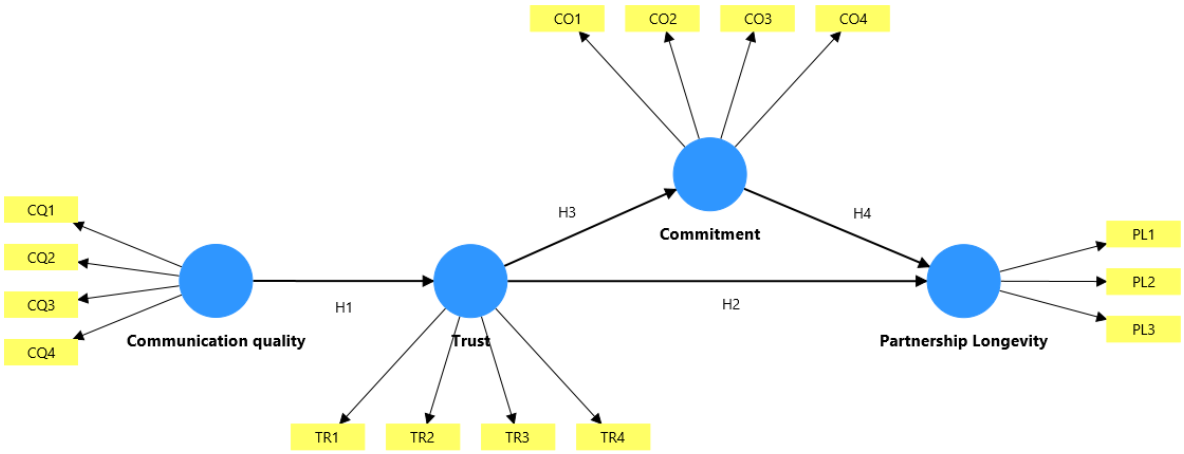


Figure 1. Conceptual Model

3. METHODOLOGY

3.1. Research Context and Sample

For this research, export-oriented SMEs in Colombia, Peru, Chile and Ecuador will be analyzed. This region was chosen since it comprises dynamic exporters who maintain strong economic ties with Europe and whose companies are active in international trade relations. Such a setting is conducive for studying

the relationship marketing mechanisms, because SMEs operate under the conditions of geographical distance, institutional diversity and limited resources.

Respondents of this study would need to satisfy two inclusion criteria. Firstly, the respondent's company should export products/services to at least one European buyer. Secondly, the relationship between this buyer and the firm should exist for no less than one year. These inclusion criteria have been set in order to ensure respondents' experience of operating within an exporter-buyer relationship.

In January-March 2026, data collection was conducted in four focal countries using online surveys provided to SMEs by means of export promoting organizations, chambers of commerce and relevant trade associations. These intermediaries can provide good access to SMEs, which engage in international business operations. The sectors, among others, covered by the study included agribusiness, textiles and apparel, food processing and light manufacturing.

Interviewees were chosen among the owner, export manager and senior executive responsible for the management of international buyer relationships. Given the scope of responsibilities of these employees, it seems appropriate to choose such people as respondents since they could provide useful insights into communication practices, trust building process, level of commitment and continuity of the relationship.

A total of 312 complete responses were selected as the final data pool for PLS-SEM. As Hair et al. state, this amount of respondents may serve the purpose of conducting a study with predictive orientation (2022).

3.2. Research Design

The design of this study was explanatory, cross-sectional and quantitative. The use of a quantitative research design was justified by the fact that the purpose of the study was to empirically examine theoretically postulated relationships among latent constructs using survey methodology. The chosen design was an explanatory one since the objective was to test whether communication quality, trust and commitment are related to the duration of the partnership in the way described by a particular theory.

The research design chosen for the purposes of this project was non-experimental and cross-sectional. Variables were not manipulated and the research examined patterns between certain characteristics only based on respondents' perceptions measured at one point in time. This kind of design is suitable for testing associations between relational constructs in an international business-to-business environment. However, a non-experimental cross-sectional design does not allow making any strong conclusions about causality in the studied patterns.

Since the objective of the study, its model design and focus was on predictions, PLS-SEM was chosen as the major statistical analysis method used in this study. In the context of international marketing studies, the choice of PLS-SEM is justified by multiple theoretical constructs involved, complex relationships between them and potentially imperfectly normal data. This methodology is popular in international SME research focused on theory extension and prediction (Hair et al., 2022).

3.3. Measurement Instrument

The questionnaire was developed using established multi-item scales adapted from the relationship marketing literature. All items were measured on a five-point Likert scale ranging from 1 = strongly disagree to 5 = strongly agree.

The study included four core constructs:

- Communication quality, adapted from Mohr and Nevin (1990), capturing the timeliness, adequacy and credibility of inter-firm communication.
- Trust, adapted from Doney and Cannon (1997), reflecting the respondent’s confidence in the European buyer’s reliability and integrity.

- Commitment, based on Morgan and Hunt (1994), representing the firm's intention to maintain and invest in the relationship.
- Partnership longevity, adapted from Anderson and Weitz (1992), capturing the extent to which the relationship was perceived as durable and likely to continue over time.

To improve content validity and contextual fit, the questionnaire items were reviewed and slightly reworded to reflect exporter-buyer relationships in the Latin America-Europe context. The survey instrument was translated and back-translated where necessary to ensure linguistic equivalence across respondent groups. Prior to full data collection, the questionnaire was pilot tested with 12 SME managers who met the profile of the target respondents. Their feedback helped refine wording, improve clarity and ensure contextual appropriateness.

3.4. Data Collection Procedure

The final questionnaire was conducted online from January to March 2026. Invitation links were sent out via networks of institutions and organizations involved in the research project. These networks encompassed organizations dedicated to promoting exports, chambers of commerce and industrial associations. Screening questions were used to identify whether the firm of the respondent satisfied the inclusion criteria of the study.

The respondents were required to use information about one particular relationship with an existing European buyer for answering the questions. Such a method of data collection helped minimize ambiguity and ensure that only information related to the specific exporter-buyer dyad was provided by the respondents.

In order to prevent the occurrence of carelessness among respondents, the survey questions were brief and simple. Furthermore, the questions pertained only to those constructs that were included in the theoretical framework. Inconsistencies and omissions in responses were checked before conducting the data analysis. A total of 312 usable cases were obtained.

3.5. Control Measures and Common Method Bias

Given that the analysis was based on survey data, which were gathered using the single respondent technique, care was taken to mitigate any possibility of common method variance. To alleviate such problems, assurance was given to participants about anonymity and confidentiality of data, there being no right or wrong answers to survey questions, as well as the purpose of the research for strictly academic uses only. These procedures were employed to minimize evaluation apprehension and socially desirable responding.

Furthermore, the survey was designed in such a way that the items asked were brief and meaningful, not ambiguous and understandable to respondents. Another way through which common method variance could have been mitigated was the use of scales with good psychometric properties that had already been used elsewhere. As part of the data analysis process, collinearity analysis was conducted to further indicate the absence of common method variance.

To address possible firm heterogeneity, demographic data about firms' characteristics, namely experience in exports, firm size and industrial sector were obtained. These variables can be introduced into structural equations where necessary to verify the robustness of proposed hypotheses.

3.6. Data Analysis Strategy

The data analysis was conducted in two stages using SmartPLS 4, with preliminary data screening performed in IBM SPSS Statistics 28.

In the first stage, the measurement model was assessed. This involved evaluating:

- indicator reliability through outer loadings,
- internal consistency reliability using Cronbach's alpha and composite reliability,
- convergent validity using average variance extracted (AVE),
- and discriminant validity using the heterotrait-monotrait ratio (HTMT).

Following recommended guidelines, outer loadings of 0.70 or above were considered desirable, composite reliability values above 0.70 indicated adequate internal consistency, AVE values above 0.50 supported convergent validity and HTMT values below the recommended threshold supported discriminant validity (Hair et al., 2022; Henseler et al., 2015).

In the second stage, the structural model was evaluated. This involved examining:

- path coefficients,
- significance levels,
- coefficients of determination (R^2),
- effect sizes (f^2),
- predictive relevance (Q^2),
- collinearity diagnostics,
- and indirect effects for mediation testing.

The significance of direct and indirect relationships was assessed using bootstrapping with 5,000 resamples, following standard PLS-SEM practice. In addition, overall model fit indicators such as the standardized root mean square residual (SRMR) were reported for descriptive model evaluation.

This two-stage analytical procedure provided a systematic basis for testing the study's hypotheses and assessing the explanatory and predictive relevance of the proposed model.

3.7. Ethical Considerations

The research study was performed based on the general rules of ethics and conduct applicable in social sciences research. Participation in the research process was entirely optional and all participants were given an opportunity to read an informed consent statement prior to taking part in the research process. Informed consent included an explanation of the purpose of the research, voluntary nature of participation and the right to stop participating at any point in the process, confidentiality of the answers and responses provided, etc. No personal data of the respondent was collected, other than data about the company in question, which was necessary to conduct the analysis. The results obtained were kept confidential and were available exclusively to the researcher.

4. RESULTS

4.1. Measurement Model Assessment

In line with suggested procedures for measuring the quality of a measurement model (Hair et al., 2022), the evaluation of this measurement model has been performed based on indicator reliability, internal consistency reliability, convergent validity and discriminant validity.

Starting with indicator reliability, it was measured in terms of outer loadings. As seen in Table 1, outer loadings of the observed items were greater than 0.70, which suggests that observed indicators loaded well on the corresponding constructs. Such findings can be interpreted as an indication of satisfactory representativeness of the observed indicators to the corresponding latent variables in the measurement model.

Then, in order to evaluate the construct internal consistency reliability, Cronbach's alpha and composite reliability measures were used. Cronbach's alpha values ranged between 0.767 and 0.826, while composite reliability values were from 0.865 to 0.885, which is greater than 0.70. Thus, the measurement model possesses satisfactory internal consistency.

Finally, convergent validity was measured with the average variance extracted (AVE). It ranged from 0.636 to 0.682 and exceeded the suggested minimum threshold of 0.50, which suggests satisfactory convergent validity.

Table 1. Measurement model assessment

Construct	Items	Loading	Cronbach's α	Composite Reliability (ρc)	AVE
Communication Quality (CQ)	CQ1	0.802	0.810	0.875	0.636
	CQ2	0.841			
	CQ3	0.785			
	CQ4	0.761			
Trust (TR)	TR1	0.802	0.826	0.885	0.657
	TR2	0.823			
	TR3	0.823			
	TR4	0.793			
Commitment (CO)	CO1	0.829	0.811	0.876	0.639
	CO2	0.831			
	CO3	0.776			
	CO4	0.760			
Partnership Longevity (PL)	PL1	0.851	0.767	0.865	0.682
	PL2	0.816			
	PL3	0.810			

Source: own elaboration.

Discriminant validity was then assessed using the heterotrait-monotrait ratio (HTMT). As reported in Table 2, all HTMT values were below the conservative threshold of 0.85, indicating satisfactory discriminant validity among the study constructs (Henseler et al., 2015). In other words, the constructs were empirically distinct from one another.

Table 2. Discriminant Validity (HTMT Ratios)

	CO	CQ	PL	TR
CO	-			
CQ	0.560	-		
PL	0.742	0.510	-	
TR	0.739	0.691	0.724	-

Source: own elaboration.

Finally, collinearity was assessed using variance inflation factor (VIF) values. As shown in Table 3, all reported VIF values were well below the conservative threshold of 5.00, suggesting that collinearity was not a concern in the model.

Table 3. Collinearity Statistics (VIF)

Item	VIF
CQ1	1.671
TR1	1.706
CO1	1.860
PL1	1.657

Source: own elaboration.

Overall, the measurement model demonstrated satisfactory psychometric properties, providing an adequate basis for the assessment of the structural model.

4.2. Structural Model Assessment

After establishing the adequacy of the measurement model, the structural model was assessed by examining path coefficients, statistical significance and the variance explained in the endogenous constructs.

The model explained 32.5% of the variance in Trust ($R^2 = 0.325$), 36.6% of the variance in Commitment ($R^2 = 0.366$) and 42.3% of the variance in Partnership Longevity ($R^2 = 0.423$). These values indicate a moderate level of explanatory power for the endogenous variables in the proposed model.

As shown in Table 4, all hypothesized direct effects were positive and statistically significant. Communication Quality had a significant positive effect on Trust ($\beta = 0.570$, $t = 14.94$, $p < 0.001$), supporting H1. Trust had a significant positive effect on Partnership Longevity ($\beta = 0.351$, $t = 6.80$, $p < 0.001$), supporting H2. Trust also had a significant positive effect on Commitment ($\beta = 0.605$, $t = 15.82$, $p < 0.001$), supporting H3. Finally, Commitment had a significant positive effect on Partnership Longevity ($\beta = 0.375$, $t = 7.31$, $p < 0.001$), supporting H4.

Table 4. Structural Model Results

Hypothesis	Path	β	t	p	Decision
H1	Communication Quality → Trust	0.570	14.94	0.000	Supported
H2	Trust → Partnership Longevity	0.351	6.80	0.000	Supported
H3	Trust → Commitment	0.605	15.82	0.000	Supported
H4	Commitment → Partnership Longevity	0.375	7.31	0.000	Supported

Source: own elaboration.

These findings indicate that communication quality is strongly associated with trust and that trust is linked both to greater commitment and to greater partnership longevity. In addition, commitment is positively associated with partnership longevity, suggesting that the intention to maintain the relationship contributes meaningfully to its continuation.

Figure 2 presents the structural model with standardized path coefficients and R^2 values for the endogenous constructs.

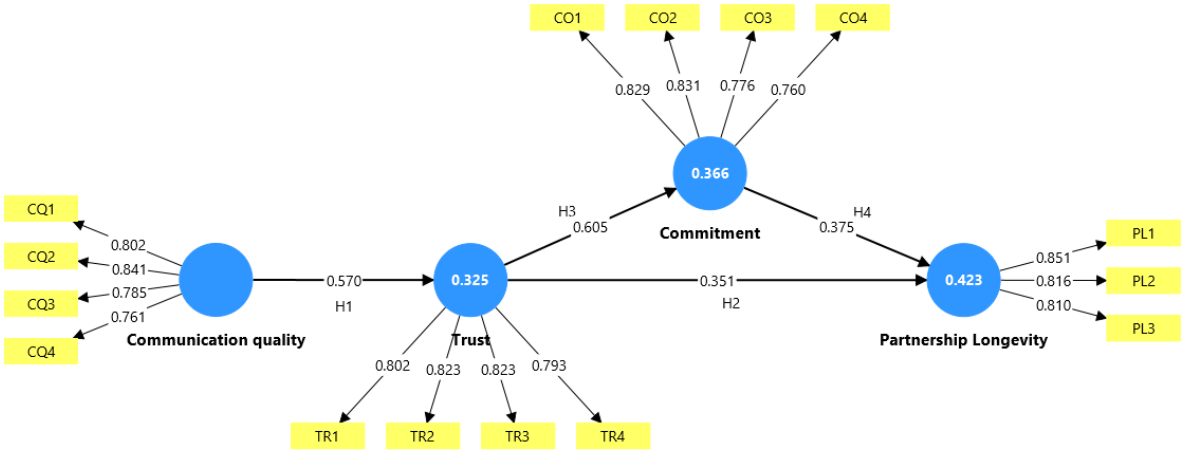


Figure 2. PLS-SEM structural model with standardized path coefficients and R^2 values.

Source: own elaboration.

4.3. Effect Sizes

To complement the interpretation of path coefficients, effect sizes (f^2) were examined to assess the substantive contribution of each exogenous construct to the corresponding endogenous construct.

As reported in Table 5, the effect of Trust on Commitment ($f^2 = 0.577$) and the effect of Communication Quality on Trust ($f^2 = 0.481$) were both large. The effect of Commitment on Partnership Longevity ($f^2 = 0.154$) was moderate according to commonly used benchmarks.

Table 5. Effect Sizes (f^2)

Structural path	f^2 value	Interpretation
Trust → Commitment	**0.577**	Large
Communication Quality → Trust	**0.481**	Large
Commitment → Partnership Longevity	**0.154**	Medium

Source: own elaboration.

These findings suggest that communication quality makes a substantial contribution to explaining trust, while trust makes a substantial contribution to explaining commitment. Commitment, in turn, makes a meaningful contribution to explaining partnership longevity.

4.4. Mediation and Indirect Effects

The mediating role of Commitment was assessed using the bootstrapping procedure with 5,000 resamples. The results, shown in Table 6, provide support for the hypothesized indirect effect of Trust on Partnership Longevity through Commitment.

Specifically, the indirect effect of Trust → Commitment → Partnership Longevity was positive and statistically significant ($\beta = 0.227$, $t = 6.890$, $p < 0.001$), supporting H5. This indicates that Commitment serves as an important relational mechanism through which Trust is associated with Partnership Longevity.

In addition to the focal mediation path, the analysis also revealed significant indirect effects involving Communication Quality. Communication Quality was indirectly associated with Partnership Longevity through Trust alone ($\beta = 0.200$, $p < 0.001$) and through the sequential path of Trust and Commitment (β

= 0.129, p < 0.001). Likewise, Communication Quality had a significant indirect effect on Commitment through Trust (β = 0.345, p < 0.001).

Table 6. Mediation and Indirect Effects

Indirect relationship	Type of effect	β (Original sample)	t statistic	p value
Trust → Commitment → Partnership Longevity	Specific indirect (H5)	**0.227**	6.890	0.000
Communication Quality → Trust → Commitment → Partnership Longevity	Specific indirect	0.129	6.000	0.000
Communication Quality → Trust → Partnership Longevity	Specific indirect	0.200	5.884	0.000
Communication Quality → Trust → Commitment	Specific indirect	0.345	9.383	0.000
Trust → Partnership Longevity (via Commitment)	Total indirect	**0.227**	6.890	0.000
Communication Quality → Commitment	Total indirect	0.345	9.383	0.000
Communication Quality → Partnership Longevity	Total indirect	0.329	9.586	0.000

Source: own elaboration.

Taken together, these results suggest that communication quality contributes to partnership longevity not only through its association with trust, but also through a broader relational chain in which trust supports commitment and commitment, in turn, supports relationship continuity.

4.5. Model Fit and Predictive Relevance

Model fit was assessed using the standardized root mean square residual (SRMR) and the normed fit index (NFI). As shown in Table 7, the SRMR values for both the saturated model (0.062) and the estimated model (0.069) were below the recommended threshold of 0.08, indicating acceptable approximate model fit. The NFI values (0.841 and 0.838) were also within an acceptable range for descriptive model evaluation.

Table 7. Model Fit Indices

Model fit index	Saturated model	Estimated model	Recommended threshold
SRMR	0.062	0.069	< 0.08
d_ULS	0.466	0.570	Descriptive
d_G	0.171	0.176	Descriptive
Chi-square	317.868	323.751	Descriptive
NFI	0.841	0.838	≥ 0.80 acceptable

Source: own elaboration.

In addition, blindfolding results indicated that all Q^2 values were above zero, suggesting that the model had predictive relevance for the endogenous constructs.

Overall, these results indicate that the model shows acceptable fit and satisfactory predictive capability in relation to the key constructs under investigation.

4.6. Total Effects

To assess the overall magnitude of influence in the model, total effects were examined by combining direct and indirect effects. As presented in Table 8, Trust had the strongest total effect on Partnership

Longevity (β = 0.578, t = 15.75, p < 0.001), reflecting both its direct association and its indirect association through Commitment.

Communication Quality also showed notable total effects. It had a significant total effect on Trust (β = 0.570, p < 0.001), on Commitment (β = 0.345, p < 0.001) and on Partnership Longevity (β = 0.329, p < 0.001). These findings underscore the broader relational importance of communication quality within the proposed model.

Table 8. Total Effects

Relationship	Total effect (β)	t	p
Communication Quality → Trust	0.570	14.94	0.000
Communication Quality → Commitment	0.345	9.38	0.000
Communication Quality → Partnership Longevity	0.329	9.59	0.000
Trust → Commitment	0.605	15.82	0.000
Trust → Partnership Longevity	0.578	15.75	0.000
Commitment → Partnership Longevity	0.375	7.31	0.000

Source: own elaboration.

In summary, the results provide consistent support for the proposed model. Communication Quality was positively associated with Trust, Trust was positively associated with both Commitment and Partnership Longevity and Commitment was positively associated with Partnership Longevity. Furthermore, Commitment significantly mediated the relationship between Trust and Partnership Longevity.

5. DISCUSSION

5.1. Discussion of the Findings

Thus, the aim of this study was to explore the relationship between communication quality, trust and commitment and to estimate the role played by each variable in ensuring partnership longevity between Latin American exporters and European buyers. The results obtained suggest that all proposed associations were supported by statistical data.

First of all, communication quality and trust were shown to have a positive linear association. In the existing literature, this relationship was explained by the idea that communication between the parties involved serves to reduce uncertainty and increase trust (Mohr & Nevin, 1990; Sharma & Patterson, 1999; Leonidou et al., 2014). It should be noted that, in the context of Latin American export-oriented SMEs operating in geographically remote European countries, the observed positive association appears to have an additional meaning. Namely, besides being a technical means of coordinating activities, communication can be seen as a signal of cooperation and responsibility. As a result, trust appears to be significantly impacted by communication quality in this case.

Secondly, trust is shown to be associated with partnership longevity and commitment. The positive association between trust and partnership longevity confirms the theoretical perspective which states that trust acts as an integral component of stabilizing inter-organizational exchange because it lowers the feeling of vulnerability to opportunistic behavior (Doney & Cannon, 1997; Palmatier et al., 2006). The importance of trust becomes evident in the context of cross-border exchanges, during which contract enforcement might be slower and environmental uncertainty greater. As a consequence, trust appears to be a crucial factor that ensures relationship stability in such cases.

At the same time, the observed association between trust and commitment can be considered another confirmation of commitment-trust theory, according to which trust is among antecedents of relational commitment (Morgan & Hunt, 1994). For export-oriented SMEs, in particular, it seems quite reasonable to assume that the lack of financial resources will prevent them from deepening foreign relationships

unless they feel certain about the reliability and fairness of their counterparts. Thus, the relationship between trust and continuity can be observed indirectly via its link with commitment.

Thirdly, commitment appeared to have a positive association with partnership longevity. Such results confirm previous studies that have revealed the tendency for committed partners to maintain exchange relationships and investments and be ready to put up with temporary setbacks for the sake of long-term gains (Anderson & Weitz, 1992; Gounaris, 2005; Palmatier et al., 2006). At this point, it may be assumed that, in the context of Latin American export-oriented businesses and their relationships with Europe, commitment goes beyond a positive attitude towards the counterpart and implies an overall readiness to continue cooperation.

Finally, the results of mediation analysis suggest that commitment serves to mediate the relationship between trust and partnership longevity. This is probably the most valuable aspect of the study since it means that trust alone is not enough for explaining continuity. As a result, trust proves to be extremely important if it leads to commitment, which, in turn, contributes to partnership longevity.

All things considered, the obtained results prove that relationship continuity depends on several variables, rather than just one. Specifically, based on the study findings, it is reasonable to assume that the process of maintaining long-term partnerships involves communication quality, which ensures trust and commitment, as well as trust and commitment themselves.

5.2. Theoretical Implications

This paper holds several implications for existing theories on relationship marketing and international business. First, the findings extend the applicability of the commitment-trust model to an understudied context, namely, international export relationships between small suppliers from Latin America and larger buyers from Europe. Even though the model has been extensively tested in domestic contexts and in exchanges involving service organizations, there have been fewer attempts to explore its relevance in intercontinental exchange relationships that involve small firms characterized by resource asymmetry. Thus, the current study expands the theoretical scope of the field of research and adds to the growing body of knowledge on relationship marketing phenomena.

Second, the paper provides additional insights into the role of communication quality in maintaining long-term relationships between exporters and importers that operate in distant exchange markets. While it is widely acknowledged that communication plays an essential part in building successful partnerships, previous research has largely treated this variable as an important but generic determinant of relational quality. However, the results indicate that in distant exchange contexts, communication quality acquires greater importance since it enables partners to mitigate ambiguity and make relational reliability visible. In other words, the current research adds value to existing relationship marketing models by identifying conditions under which communication quality takes on greater significance.

Third, the findings provide a richer insight into the role of trust in sustaining long-term relationships. Traditionally, trust is considered a key factor that ensures the stability of relationships over time. Nevertheless, the current results show that trust may also affect relationship duration via commitment, suggesting that trust serves not only as a stable belief but also as a relational condition that allows partners to invest more in their partnership. Hence, the mediating effect of commitment demonstrates a need to improve our theoretical understanding of how trust influences long-term partnership success.

Finally, this paper contributes to international SME literature by stressing that relational governance mechanisms play a critical role for firms with limited organizational slack. While large organizations are able to cope with uncertainty by relying on legal, logistical and financial means, small firms are likely to be dependent on trust and commitment in order to ensure the success of cross-border exchanges. Therefore, this study supports the view that relationship marketing skills need to be recognized as strategic rather than marketing resources when conducting business internationally.

Overall, it would be reasonable to consider this study an expansion rather than a mere replication of prior work. Notwithstanding the fact that the theory behind the paper has been widely discussed, the

results demonstrate why this particular context is significant for studying the interaction of communication quality, trust and commitment in long-distance business-to-business relationships.

5.3. Managerial Implications

Additionally, the results have implications for managers of export-oriented SMEs and other organizations which assist in internationalizing SMEs.

Firstly, given the strong connection between communication quality and trust, SME managers need to approach communication as an important strategic relational skill, rather than a mere operational function. Companies attempting to develop good buyer relations in Europe need to create communication processes characterized by promptness, accuracy and transparency. It may include regular reporting on production schedules, shipping updates, quality issues and compliance issues, as well as the adoption of transparent and efficient channels of communication which minimize ambiguity among foreign buyers.

Secondly, since trust is positively related to commitment and partnership longevity, SME managers need to pay attention to developing their firms' reputation for consistency, responsiveness, transparency and honesty. All of these characteristics may lead to higher levels of trust, which are vital in maintaining buyer-seller relationships in cases when there are significant physical distances between trading partners.

Thirdly, the relationship between commitment and partnership longevity implies that successful exporter-buyer relations are built not only upon favorable first impressions, but also through long-term relational effort. Therefore, managers may want to consider strategies aimed at fostering the perception of long-term orientation in relation to international buyers, including joint decision-making, relationship-specific adaptation and proactive issue solving. Instead of simply offering attractive products to the buyers, SME managers need to demonstrate relational willingness through cooperative practices.

Finally, institutions assisting exporters in establishing cross-border buyer-seller relationships also benefit from the insights presented in the paper. While helping firms penetrate international markets, they may foster their relational performance as well by organizing training programs focused on the issues of business communication, managing relations with international buyers and building up buyer trust.

To conclude, the results show that cross-border relationships are not built on price and quality alone. They also involve certain relational practices which ensure that exporters become credible and consistent trading partners.

5.4. Limitations and Future Research

The main limitations of the current study can be identified as follows. Firstly, it should be mentioned that being conducted as a cross-sectional study, it lacks causal conclusions. Secondly, the empirical information was collected from the employees working in firms, what can make it biased because of perceptions. Finally, the study was performed within the sample of export-oriented SMEs from four Latin American countries that trade with European consumers.

The main avenues for future research in this area can include further investigation of different regions and institutional settings. Moreover, the examination of such independent variables as cultural distance, digital connectivity, export intensity and industry can be helpful to clarify when the communication quality, trust and commitment influence partnerships duration.

6. CONCLUSIONS

This study sought to examine the linkages among communication quality, trust and commitment as antecedents of partnership longevity in Latin American exporter-Europe buyer relationship dyads. Based on commitment-trust theory, the study developed and tested a relational model where good communication quality is linked to trust, which in turn is positively associated with commitment and partnership longevity. In addition, commitment is also positively related to partnership longevity, while mediating the linkage between trust and partnership continuity.

The findings provide consistent support for such a framework. Communication quality turned out to be a significant relational precursor of trust, whereas trust exhibited positive associations with both commitment and partnership longevity. Furthermore, commitment was found to be positively linked to partnership longevity and mediating the influence of trust on continuity.

Thus, the current study makes its contribution to the existing research in three ways. First of all, the study broadens the field of relationship marketing by applying commitment-trust theory to the previously understudied context of international business-to-business relationships based on exporting between Latin American countries and Europe. Secondly, the study confirms the applicability of commitment-trust theory to long-distance relationships amid institutional and situational uncertainty. Finally, the study points at the strategic importance of good-quality communication in developing trust and longer term relationship outcomes.

For managers working with SMEs involved in exporting their products and services to European markets, the study highlights that durable buyer relationships should not simply be understood in terms of high-quality products and advantageous pricing. Instead, partnership continuity seems to rely more on relational competences such as high-quality and reliable communication, building of trust and development of relational commitment. Thus, developing such relational skills may be viewed as an important source of competitive advantage for SMEs seeking sustainable position on distant foreign markets.

However, one should take into account certain limitations of the study when interpreting the findings. First of all, it is a cross-sectional study that may limit the causal validity of findings. Also, the single-informant methodology might have resulted in a potential response bias. Furthermore, the fact that Latin America refers to four specific countries limits the generality of findings. Therefore, future research could further test this framework using longitudinal and/or dyadic approaches and considering other contextual variables.

In conclusion, the study has shown that good communication, trust and commitment are important interrelated dimensions of successful Latin American exporter-European buyer partnerships.

Financing

This research received no external funding.

Conflict of interest declaration

The author declares no conflict of interest.

References

Amin, S., Tufail, M. S., Ali, M. H., & Bashir, F. (2025). Examining the Influence of Electronic Word-of-Mouth on Consumer Purchasing Behavior: The Mediating Role of Customer Trust in Driving Conversion Optimization. *Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences*, *13*(1), 519-530. https://doi.org/10.52131/pjhss.2025.v13i1.2778

Anderson, E., & Weitz, B. (1992). The use of pledges to build and sustain commitment in distribution channels. *Journal of Marketing Research, 29*(1), 18-34. https://doi.org/10.1177/002224379202900103

Besser, T. L., & Miller, N. J. (2010). High-risk and low-risk cooperative exchanges and perceived benefits in formal business networks. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, *11*(2), 107-118. https://doi.org/10.5367/000000010791291767

Chandrasari, F., Aditia, O., Prabowo, O. H., & Saebah, N. (2024). Communication Management Strategies in Improving Partnership Success in The Technology Industry. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, *3*(4), 866-881. https://doi.org/10.46799/ajesh.v3i4.387

Chang, S. H., Wang, K. Y., Chih, W. H., & Tsai, W. H. (2012). Building customer commitment in business-to-business markets. *Industrial marketing management*, *41*(6), 940-950. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2011.11.026

Cullen, J. B., Johnson, J. L., & Sakano, T. (2000). Success through commitment and trust: The soft side of strategic alliance management. *Journal of world business*, *35*(3), 223-240. https://doi.org/10.1016/S1090-9516(00)00036-5

Das, T. K., & Teng, B. S. (2001). Trust, control and risk in strategic alliances: An integrated framework. *Organization studies*, *22*(2), 251-283. https://doi.org/10.1177/0170840601222004

Doney, P. M., & Cannon, J. P. (1997). An examination of the nature of trust in buyer-seller relationships. *Journal of Marketing*, *61*(2), 35-51. https://doi.org/10.1177/002224299706100203

Doney, P. M., Barry, J. M., & Abratt, R. (2007). Trust determinants and outcomes in global B2B services. *European Journal of marketing*, *41*(9/10), 1096-1116. https://doi.org/10.1108/03090560710773363

Essel, R. E. (2025). Relationship marketing practices and export performance of SMEs in an emerging economy: A mediation analysis. *Journal of Relationship Marketing*, *24*(3), 193-232. https://doi.org/10.1080/15332667.2024.2367332

Fink, M., & Kraus, S. (2007). Mutual trust as a key to internationalization of SMEs. *Management Research News*, *30*(9), 674-688. https://doi.org/10.1108/01409170710779980

Gilliland, D. I., & Bello, D. C. (2002). Two sides to attitudinal commitment: The effect of calculative and loyalty commitment on enforcement mechanisms in distribution channels. *Journal of the Academy of marketing Science*, *30*(1), 24-43. https://doi.org/10.1177/03079450094306

Gounaris, S. P. (2005). Trust and commitment influences on customer retention: insights from business-to-business services. *Journal of Business research*, *58*(2), 126-140. https://doi.org/10.1016/S0148-2963(03)00122-X

Graça, S. S., Barry, J. M., Kharé, V. P., & Yurova, Y. (2021). A global examination of institutional effects on B2B cooperation. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *36*(10), 1806-1819. https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2020-0068

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). SAGE.

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *43*(1), 115-135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Jukka, M., Blomqvist, K., Ping Li, P., & Gan, C. (2017). Trust-distrust balance: Trust ambivalence in Sino-Western B2B relationships. *Cross Cultural & Strategic Management*, *24*(3), 482-507. https://doi.org/10.1108/CCSM-01-2016-0019

Koh, T. K., Fichman, M., & Kraut, R. E. (2012). Trust across borders: buyer-supplier trust in global business-to-business e-commerce. *Journal of the association for information systems*, *13*(11), 2. https://doi.org/10.17705/1jais.00316

Lasrado, F., Thaichon, P., & Nyadzayo, M. W. (2023). Exploring the role of relationship management and relationship quality in B2B: empirical insights and future research directions. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *38*(5), 1055-1086. https://doi.org/10.1108/JBIM-05-2021-0267

Leonidou, L. C., Samiee, S., Aykol, B., & Talias, M. A. (2014). Antecedents and outcomes of exporter-importer relationship quality: synthesis, meta-analysis and directions for further research. *Journal of international marketing*, *22*(2), 21-46. https://doi.org/10.1509/jim.13.0129

Liu, Z. (2024). Unlocking Consumer Choices in the Digital Economy: Exploring Factors Influencing Online and Offline Purchases in the Emerging Pet Food Market. *Journal of the Knowledge Economy*, *15*(3), 10174-10199. https://doi.org/10.1007/s13132-023-01490-8

Mabula, J. B., Dongping, H., & Chivundu-Ngulube, C. D. (2020). SME manager's perceived cooperative support, commitment and trust on learning and entrepreneurship orientation for firm innovation. *Human Systems Management*, *39*(2), 233-250. https://doi.org/10.3233/HSM-190735

Mahmoud, M. A., Hinson, R. E., & Adika, M. K. (2018). The effect of trust, commitment and conflict handling on customer retention: The mediating role of customer satisfaction. *Journal of Relationship Marketing*, *17*(4), 257-276. https://doi.org/10.1080/15332667.2018.1440146

Mohr, J., & Nevin, J. R. (1990). Communication strategies in marketing channels: A theoretical perspective. *Journal of Marketing*, *54*(4), 36-51. https://doi.org/10.1177/002224299005400404

Mohr, J., & Spekman, R. (1994). Characteristics of partnership success: partnership attributes, communication behavior and conflict resolution techniques. *Strategic management journal*, *15*(2), 135-152. https://doi.org/10.1002/smj.4250150205

Morgan, R. M., & Hunt, S. D. (1994). The commitment-trust theory of relationship marketing. *Journal of Marketing*, *58*(3), 20-38. https://doi.org/10.1177/002224299405800302

Palmatier, R. W. (2008). *Relationship marketing* (pp. 1-140). Cambridge, MA: Marketing Science Institute. https://ganolifestars.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/01/relationship-marketing.pdf

Palmatier, R. W., Dant, R. P., Grewal, D., & Evans, K. R. (2006). Factors influencing the effectiveness of relationship marketing: A meta-analysis. *Journal of Marketing*, *70*(4), 136-153. https://doi.org/10.1509/jmkg.70.4.136

Park, J., Lee, J., Lee, H., & Truex, D. (2012). Exploring the impact of communication effectiveness on service quality, trust and relationship commitment in IT services. *International Journal of Information Management*, *32*(5), 459-468. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.02.005

Pavlou, P. A. (2002). Institution-based trust in interorganizational exchange relationships: the role of online B2B marketplaces on trust formation. *The Journal of Strategic Information Systems*, *11*(3-4), 215-243. https://doi.org/10.1016/S0963-8687(02)00017-3

Rusbult, C. E., Olsen, N., Davis, J. L., & Hannon, P. A. (2001). Commitment and relationship maintenance mechanisms. In *Close romantic relationships* (pp. 95-122). Psychology Press. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781410600462-10/commitment-relationship-maintenance-mechanisms-caryl-rusbult-nils-olsen-jody-davis-peggy-hannon

Saragih, H. S. (2025). Genuine small talk, rapport and negotiation outcomes in B2B relationship. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *40*(1), 84-100. https://doi.org/10.1108/JBIM-03-2024-0182

Seppänen, R. (2008). *Trust in inter-organizational relationships*. Lappeenranta University of Technology. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-214-661-8

Sharma, N., & Patterson, P. G. (1999). The impact of communication effectiveness and service quality on relationship commitment in consumer, professional services. *Journal of services marketing*, *13*(2), 151-170. https://doi.org/10.1108/08876049910266059

Sheth, J. (2017). Revitalizing relationship marketing. *Journal of Services Marketing*, *31*(1), 6-10. https://doi.org/10.1108/JSM-11-2016-0397

Sraha, G., Sharma, R. R., Crick, D., & Crick, J. M. (2020). International experience, commitment, distribution adaptation and performance: a study of Ghanaian firms in B2B export markets. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *35*(11), 1715-1738. https://doi.org/10.1108/JBIM-05-2019-0197

Staniskiene, E., Stankeviciute, Z., & Daunoriene, A. (2019). Corporate social responsibility and inter-organisational trust in a B2B context. *Quality innovation prosperity*, *23*(2), 46-63. https://doi.org/10.12776/qip.v23i2.1244

Sukhawatthanakun, K. (2023). Effective long-term relationship management strategies to enhance value co-creation among business partners. *Journal for International Business and Entrepreneurship Development*, *15*(2), 263-294. https://doi.org/10.1504/JIBED.2023.132878

Theron, E., Terblanche, N. S., & Boshoff, C. (2008). The antecedents of relationship commitment in the management of relationships in business-to-business (B2B) financial services. *Journal of Marketing Management*, *24*(9-10), 997-1010. https://doi.org/10.1362/026725708X382019

Valdés, R. (2024). A Comparative Analysis of Ethnic Networks and Internationalization of Latin American Agri-SMEs: The Case of Argentina, Brazil and Chile. *Agriculture*, *14*(11), 1918. https://doi.org/10.3390/agriculture14111918

Van de Ven, A. H., & Ring, P. S. (2006). Relying on trust in cooperative inter-organizational relationships. In *Handbook of trust research*. Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781847202819.00015

Vătămănescu, E. M., Dabija, D. C., Ciuciuc, V. E., & Alexandru, V. A. (2025). Delving into the Architecture of International B2B Relationship Marketing During the COVID-19 Pandemic: From Business Convergence to Partnership Effectiveness. *Journal of Business-to-Business Marketing*, *32*(2), 139-163. https://doi.org/10.1080/1051712X.2024.2386530

Wong, A., Tjosvold, D., & Zhang, P. (2005). Developing relationships in strategic alliances: Commitment to quality and cooperative interdependence. *Industrial marketing management*, *34*(7), 722-731. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2004.12.007

Zhang, J., Watson, G. F., Palmatier, R. W., & Dant, R. P. (2016). Dynamic relationship marketing. *Journal of Marketing*, *80*(5), 53-75. https://doi.org/10.1509/jm.15.0066

TİCARET SAVAŞI VE EKONOMİ POLİTİKA BELİRSİZLİĞİ ARASINDA ABD ÇİN DIŞ TİCARETİNİN ANALİZİ

AN ANALYSIS OF U.S.-CHINA FOREIGN TRADE AMID TRADE WAR AND ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY

***Mehmet GÖKALP*[1]**

[1]Yüksek Lisans Öğrencisi, Kayseri Üniversite, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik ABD, Kayseri, Türkiye.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-3297-4811

***Tuncay ÇELİK*[2]**

[2] Prof. Dr., Kayseri Üniversite, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Kayseri, Türkiye.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2667-4786

ÖZET

Son yıllarda Çin ve ABD arasında ortaya çıkan ticaret savaşları, küresel ekonomiyi etkileyen önemli bir faktör haline gelmiştir. ABD-Çin ticaret savaşları, küresel ekonomiyi derinden etkileyen önemli bir olaylar zinciridir. Bu süreç, dünyanın en büyük iki ekonomisi konumundaki Çin ve ABD arasında yaşanan ticaret gerilimleri ve karşılıklı ek vergi uygulamalarının hayata geçirilmesiyle başlamıştır. Yaşanan bu durum, küresel ticaret ağları ve üretim zincirleri üzerinde kayda değer dalgalanmalara ve belirsizliklere sebep olmaktadır. Bu nedenle, bu savaşlar ABD ve Çin'in iktisadi ilişkileri bağlamında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada ABD – Çin ticaret savaşlarının iki ülkeye etkisi Küresel Ekonomik Politika Belirsizlik GEPU endeksi üzerinden analiz edilmektedir. 2006-2024 döneminde Küresel, ABD ve Çin için Ekonomik Politika Belirsizlik (EPU) ve GEPU endeks verileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada GEPU, Çin EPU ve ABD EPU endekslerinin 2018–2024 dönemini kapsayan şekiller, tablolar ile ortaya konulması, ticaret savaşlarının ABD ve Çin'e etkilerinin hem teorik hem de nicel açıdan ortaya konulmasına katkı sağlamaktadır. Sonuçlar, 2018'de başlayan ABD–Çin ticaret savaşları 2024 yılı sonuna kadar farklı biçimlere evrilmiş; tarifeler, teknoloji ve yatırım kısıtlamaları GEPU'yu daha yüksek bir seviyeye taşımıştır. 2020 sonrası pandemi, savaş ve iç ekonomik dinamiklerin baskın hâle gelmesiyle ticaret savaşının etkisi görece zayıflamıştır. Bununla birlikte 2024 sonunda ABD'nin Çin'e yönelik yeni tarife paketleriyle birlikte GEPU'nun yeniden yükselişe geçmesi, ticaret savaşının henüz sona ermediğini ve belirsizlik durumlarının önümüzdeki dönemde de dikkatle izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dış Ticaret, Ekonomik Politika Belirsizlik (EPU) ve Küresel EPU (GEPU), ABD, Çin.

ABSTRACT

In recent years, trade wars between China and the United States have become a significant factor affecting the global economy. The U.S.-China trade wars represent an important chain of events that deeply impact the global economy. This process began with trade tensions and the implementation of reciprocal additional tariffs between China and the U.S., the world's two largest economies. This situation causes considerable fluctuations and uncertainties in global trade networks and production chains. Therefore, these wars hold great importance in the context of U.S.-China economic relations. Consequently, this study analyzes the impact of the U.S.-China trade wars on both countries through the Global Economic Policy Uncertainty (GEPU) index. Economic Policy Uncertainty (EPU) and GEPU index data for the global economy, the U.S., and China are used for the period 2006–2024. This study contributes to revealing the effects of trade wars on the U.S. and China both theoretically and

quantitatively by presenting the GEPU, China EPU, and U.S. EPU indices through figures and tables covering the 2018–2024 period. The results show that the U.S.-China trade wars that began in 2018 evolved into different forms by the end of 2024; tariffs, technology, and investment restrictions pushed the GEPU to a higher level. After 2020, as the pandemic, geopolitical conflicts, and domestic economic dynamics became more dominant, the impact of the trade wars weakened relatively. Nevertheless, the rise of the GEPU again at the end of 2024 with the U.S.'s new tariff packages against China indicates that the trade war is not yet over and that uncertainty conditions must be carefully monitored in the coming period.

Keywords: Foreign Trade, Economic Policy Uncertainty (EPU) and Global EPU (GEPU), United States, China.

GİRİŞ

2008 Küresel Krizi'ni takip eden dönemde liberal ticaret anlayışına karşılık korumacı politikaların yeniden yükselişe geçtiği gözlemlenmiştir. Dış ticaretteki bu korumacı eğilimin ilk belirtileri, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin faiz indirimleri, gelişmiş ülkelerin tarife dışı önlemler olarak adlandırılan yeni korumacılık uygulamalarını artırması ve kur savaşları şeklinde ortaya çıkmıştır. Daha sonra 2017 yılında iktidara gelen D. Trump yönetimi, dış ticarette korumacılık temeline dayalı yeni politikaları uygulamaya koymuştur. Bu kapsamda ABD, Çin menşeli ithal mallara başlangıçta %10 ve akabinde %25 oranında gümrük tarifesi uygulamış, bunun yanı sıra 200 milyar dolar değerindeki ürün grubuna ek gümrük tarifeleri getirmiştir (Rabobank, 2019).

Çin tarafı ise bu hamlelere karşılık vererek misilleme önlemleri almış ve böylece iki ülke arasında küresel çapta bir tarife mücadelesi başlamıştır. ABD'nin yalnızca Çin ile olan ticaretindeki açık 2018 yılı sonu itibariyle 420 milyar dolara ulaşmıştır (Howmuch, 2019). ABD'nin toplam dış ticaret açığının (861 Milyar dolar) %42'sine tekabül eden bu büyüklüğün sadece tek bir ülkeden kaynaklanıyor olması, ticaret savaşlarının neden Çin üzerinden başladığını açıklamaktadır. ABD açısından bu şartlarda ticari açıktan ziyade ticari anlaşmazlıkların önemi artmıştır. Özellikle Çin'in "Made in China 2025" adını verdiği hedefleri, ABD'nin küresel güç ve ekonomik üstünlük politikasının 21. yüzyılda yeniden canlanmasına zemin hazırlamıştır (Mildner ve Schmucker, 2019).

2016 yılının sonlarından başlayıp 2018 yılının ilk çeyreğine kadar devam eden süreç, küresel ticaretin gelişim seyri açısından keskin bir dönüşüm yaşanmasına tanıklık etmiştir. Bu dönemde İngiltere'nin Avrupa Birliği'nden ayrılmasını onaylayan bir referandum düzenlenmiştir. Trump'ın başkan olarak göreve başlamasının ardından ABD Ticaret Temsilciliği Kurumu, 1962 tarihli Ticaret Genişletme Yasası'nın 232. maddesi kapsamında Trump yönetimine bir rapor sunmuştur. Sunulan raporda, artan çelik ve alüminyum ithalatının ülkenin ulusal güvenliğini tehdit ettiği belirtilmiş ve bu sorunu gidermek amacıyla çelik ithalatına %25, alüminyum ithalatına ise %7,7 oranında ek gümrük vergisi konulması önerilmiştir.

Bu raporun tavsiyeleri doğrultusunda Mart 2018 ayında D. Trump hükumeti, çelik ithalatına %25 ve alüminyum ithalatına %10 oranında ek gümrük vergisi uygulamaya karar vermiş, takiben koruma altına alınan ürünlerin listesini kamuoyuna duyurmuştur. Çin ise bu tek taraflı hamlelere yanıt olarak kendi tarife artışlarını devreye sokmuştur (Carvalho ve diğerleri, 2019).

ABD başkanlık seçimlerinin kampanya döneminde D. Trump'ın, Çin, Meksika ve Almanya'yı yüksek ithalat vergileri ile tehdit ederek bir dizi korumacı açıklamada bulunması ve nihayetinde seçimi kazanması, dünya genelinde mevcut olan ekonomik kaygıların daha da derinleşmesine neden olmuştur. Trump, seçim mitinglerinde yaptığı konuşmalarda, "ABD'nin sanayi sektörlerini haksız yabancı rekabetten korumak amacıyla Meksika'dan ithal edilen ürünlere %35, Çin'den ithal edilen ürünlere ise %45 oranında tarife uygulanacağını" ifade etmiştir (Karayel, 2019).

Ticaret savaşları, temelde bir ülkenin kendi çıkarına olacağını düşünerek korumacı politikaları benimsemesi ve diğer ülkelerin de benzer tedbirlerle karşılık vermesi sonucu oluşan bir süreci tanımlamaktadır. Korumacılık politikalarının giderek ticaret savaşlarına dönüşmesi, ilgili ülkeler arasındaki karşılıklı ithalat hacminin daralmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla, bu türden bir eylem

doğrudan küresel ticaret hacminin küçülmesi ile sonuçlanmaktadır. Daralan ticaret hacmi ise hem makroekonomi hem de mikroekonomi düzeyinde çeşitli olumsuz sonuçları bulunmaktadır (Kızılkaya, 2023).

Küreselleşme olgusu, finansal piyasalar açısından büyük önem arz etmekte ve bu önem her geçen gün artmaktadır. Finansal piyasalar, dünyanın herhangi bir coğrafyasında meydana gelen önemli olaylardan hızla etkilenmektedir. Bu karşılıklı bağlılık ise finansal piyasalarda belirsizliğin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Yatırımcılar, belirsizliğin hâkim olduğu ortamlarda yatırım yapma konusunda genellikle isteksiz davranmaktadırlar. Finansal krizler veya politika yapıcılar tarafından sergilenen tutarsız ve belirsiz söylemler, piyasalardaki belirsizlik ortamının daha da şiddetlenmesine neden olmaktadır.

Küresel piyasalardaki belirsizlik düzeyini ölçmek amacıyla birçok tahmin ve hesaplama yapılmaktadır. Bu yöntemlerden bir ise son dönemlerde akademik literatürde giderek daha fazla önem kazanmaya başlayan Küresel Ekonomik Politik Belirsizlik (GEPU) endeksidir. GEPU endeksinin hesaplanabilmesi için öncelikle başta ABD olmak üzere pek çok ülke için ayrı ayrı Ekonomik Politika Belirsizlik endekslerinin oluşturulması gerekmektedir (Gürsoy, 2021).

Baker, Bloom ve Davis (2013) tarafından bir Ekonomik Belirsizlik Endeksi geliştirilmiştir. Söz konusu ekonomik belirsizlik endeksinin hesaplanması için ABD'nin 10 büyük gazetesi sistematik bir şekilde incelenmiş ve elde edilen veriler 3 ana başlık altında gruplandırılmıştır. Baker, Bloom ve Davis (2016) ise Ekonomi Politika Belirsizlik (EPU) endeksini, ABD'nin yanı sıra 11 Avrupa ülkesini de kapsayacak şekilde genişletmişlerdir (Korkmaz ve Güngör, 2018).

Baker, Bloom ve Davis (2016) ve Davis (2016) tarafından aynı metodoloji kullanılarak GEPU endeksi oluşturulmuştur (Korkmaz ve Güngör, 2018). GEPU endeksi, Avustralya, Brezilya, Kanada, Şili, Çin, Kolombiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Hindistan, İrlanda, İtalya, Japonya, Meksika, Hollanda, Rusya, Güney Kore, İspanya, İsveç, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri'ni kapsayan 21 ülkeye ait ulusal EPU endekslerinin gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Her bir ulusal EPU endeksi, ilgili ülkenin kendi gazetelerinde ekonomi (E), politika (P) ve belirsizlik (U) ile ilişkili üçlü terimlerin geçtiği makalelerin nispi sıklığına dayanmaktadır (Economic Policy Uncertainty, 2022).

Bu nedenle bu bildiride ABD – Çin ticaret savaşlarının iki ülkeye etkisi Küresel Ekonomik Politika Belirsizlik GEPU endeksi üzerinden analiz edilmektedir.

VERİ SETİ VE YÖNTEM

GEPU endeksine ait verileri Hannah Ni, Asher Rose ve Minsoo Kang tarafından hazırlanmıştır ve https://www.policyuncertainty.com/global_monthly.html adresinden elde edilmiştir. Bu veriler Ocak 1997-Ağustos 2025 aralığındadır.

Çin'e ait EPU verileri Steven vd. (2019) tarafından hazırlanmıştır ve https://www.policyuncertainty.com/turkiye_index.html adresinden elde edilmiştir. Bu veriler Ocak 2000-Eylül 2025 aralığındadır.

ABD verileri https://www.policyuncertainty.com/us_monthly.html adresinden alınmıştır. Bu veriler Ocak 1900-Eylül 2025 aralığındadır.

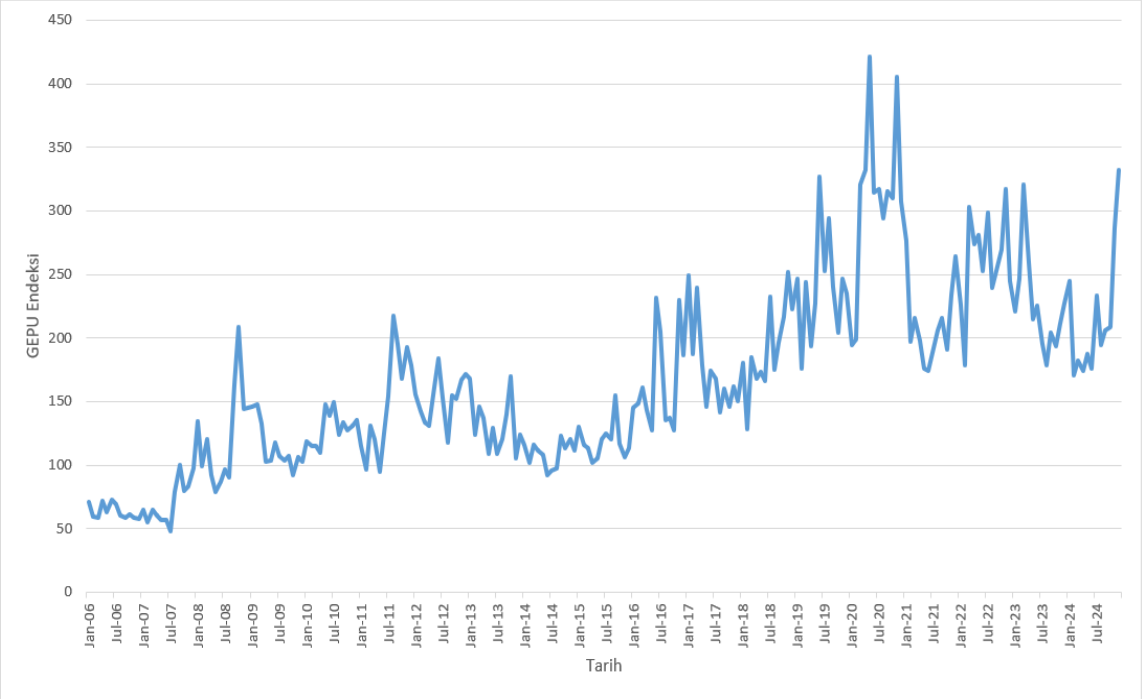
Üç farklı verinin toplanmasının ardından ortak olan zaman aralığı Ocak 2006-Aralık 2024 aralığıdır. Bu sebeple tüm verilerde bu tarih aralığı temel alınarak EPU analizi yapılmıştır.

GEPU ve EPU verileri kullanılarak veri setleri tablolaştırılmıştır. Tablolaştırılan veriler şekillere dönüştürülmüş ve dönüştürülen verilerde pik noktalar belirlenmiştir. Belirlenen pik noktalarda gerçekleşen olaylar da belirlenerek tablolaştırılmıştır. Küresel, Çin ve ABD verileri ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleşen olaylar çerçevesinde ekonomik olarak değerlendirilmiş, değişkenler arasındaki korelasyon matriai verilerek bulgular yorumlanmıştır.

KÜRESEL EPU VE ÇİN-ABD EPU GELİŞMELERİ

ABD-Çin ticaret savaşları küresel ekonomik belirsizliğin önemli bir kaynağıdır. Ancak GEPU endeksinin 2006-2024 dönem verileri incelendiğinde, bu belirsizliğin yalnızca ticaret savaşlarından kaynaklanmadığı, aksine küresel finansal sistemin kırılganlığı, jeopolitik riskler, pandemi, para politikası belirsizliği ve siyasi istikrarsızlığın etkisi altında bulunduğu görülmektedir (Şekil 1,Tablo 1).

Şekil 1. *2006 Ocak-2024 Aralık dönemine ait Küresel EPU grafiği*



2006-2007 Dönem Kriz Öncesi Belirsizlik Ortamı: Bu dönem, endeksin en düşük seviyelerde bulunduğu ancak Eylül 2007'de ilk önemli dalgalanmanın yaşandığı dönemdir. Bu dalgalanma, ABD'deki kredi krizi belirtilerinin ortaya çıkmasıyla ilişkilidir. Yılın son aylarında endeks yüksek seyretmiş, bu da yatırımcıların büyüyen finansal riskleri algıladığını göstermiştir (Federal Reserve History, 2007).

2008-2009 Küresel Finans Krizi, belirsizliğin zirve yapmasına neden olmuştur. Bu dönemde endeks en keskin yükselişini yaşamış, özellikle 2008 sonunda çok yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu artış, Lehman Brothers'ın başarısızlığı, Fannie Mae ve Freddie Mac'in devlet kontrolüne alınması ve küresel kredi piyasasının felç olmasıyla doğrudan ilişkilidir. Krizin etkileri uzun vadeli olmuş, ABD konut balonu patlamış ve finansal kurumlar büyük kayıplar yaşamıştır (Federal Reserve History, 2013).

2010-2011 Döneminde yaşanan Avrupa Borç Krizi, 2008-2009'dan sonra endeksin en yüksek ortalama değere sahip olmasına neden olmuştur. Endeks özellikle 2011'in ikinci yarısında zirve yapmıştır. Bu yükseliş, Avrupa borç krizinin gelişmesi ve Yunanistan'dan diğer periferik Avrupa ülkelerine bulaşma riskiyle ilişkilidir. İtalya'daki borç krizinin derinleşmesi, küresel belirsizliği artırmıştır (Parker ve Tsarouhas, 2018).

Endeks 2012 sonunda düşüşe geçmiş, ancak 2013'te yeniden yükselerek dönemin en yüksek değerlerinden birine ulaşmıştır. Bu keskin artış, Federal Reserve Başkanı'nın niceliksel genişleme programını küçülteceğini açıklamasıyla (Taper Tantrum) ilişkilidir. Gelişmekte olan piyasalar büyük sermaye çıkışı ve kur kayıpları yaşamış, yapısal kırılganlıklar artmıştır (Brookings Institution, 2016).

Tablo 1. GEPU Dönemsel Analizi ve Yaşanan Olaylar

Dönem	Ortalama	Max	Özellik
2006-2007	67.01	100.11	Kriz Öncesi Belirsizlik Ortamı
2008-2009	117.81	208.43	Küresel Finansal Krizi
2010-2015	131.48	217.58	Avrupa Borç Krizi ve İyileşme
2016	164.71	231.43	Brexit ve Trump Seçimi
2017-2019	202.33	327.21	Ticaret Savaşları Döneminde Artan Gerilim
2020	310.79	420.86	COVID-19 Pandemisinin Küresel Şoku (En Yüksek Pik)
2021	211.69	276.58	Post-Pandemi Toparlanma
2022	261.40	317.10	Enflasyon ve Jeopolitik Gerilimleri
2023-2024	220.56	331.98	Normalleşme ve Yeniden Belirsizlik

2014-2015 döneminde petrol fiyatları ve Çin belirsizliği ile endeks ortalaması 2015'te belirgin bir artış göstermiştir. Petrol fiyatlarındaki keskin düşüş ve Çin ekonomisindeki yavaşlama beklentileri belirsizliği artırmıştır. Çin'in yuan devalüasyonunun gündeme gelmesi, gelişmekte olan piyasalarda endişeleri yükseltmiştir.

2016 Brexit Referandumu ve ABD'de Trump'ın seçilmesiyle endeks ortalaması önceki yıllara göre daha yüksek olmuş, özellikle yaz aylarında belirgin bir sıçrama yaşanmıştır. Bu artış, Brexit referandumu sonrasında küresel borsalardaki düşüşler ve Sterlindeki değer kaybıyla ilişkilidir. Yıl sonunda ABD başkanlık seçim sonucu ve ardından endeksteki yükseliş, korumacı ticaret politikalarına ilişkin kaygıları yansıtmaktadır (BBC, 2016).

2017-2018 döneminde Trump'ın ticaret savaşlarını başlatmasıyla bu dönemde endeks, ticaret politikalarındaki belirsizlik nedeniyle sürekli yüksek seyretmiştir. Çelik ve alüminyum tarifeleri, Çin menşeli ürünlere uygulanan ek tarifeler ve Çin'in misillemeleri, ABD-Çin ticaret savaşının başlangıcını işaret etmiştir. Tarife belirsizliği, üreticilerin tedarik zinciri kararlarını ertelemesine yol açarak yatırım ve istihdamı olumsuz etkilemiştir (Teekah, 2025).

2019, ticaret savaşlarının en çalkantılı dönemi olup endeks yıl içinde çok yüksek seviyelere ulaşmıştır. ABD'nin ek tarife tehditleri, Çin'in misillemeleri ve iki ülke arasındaki zorlu müzakereler piyasada ciddi belirsizlik oluşturmuştur. Mayıs 2020'de COVID-19 Pandemisinin etkisiyle endeks en keskin dalgalanmalarını göstermiş ve bahar aylarında tarihi rekora ulaşmıştır. pandeminin yarattığı ekonomik şokla borsalar keskin düşüşler yaşamış, işsizlik oranları rekor seviyelere çıkmış ve ülkeler ekonomilerini kapatmıştır. Pandemi belirsizliği, şirket kâr öngörülerini azaltmış, dış ticaret hacmini düşürmüş ve yıl sonundaki ikinci dalga endişeleriyle belirsizlik devam etmiştir (Teekah, 2025).

2021'de aşının bulunması ile Pandemiden çıkış umuduyla endeks, iyileşme beklentileri ile yeni varyant endişeleri arasında dalgalanmıştır. Federal Reserve'in toparlanmanın hızlandığına ilişkin açıklamaları belirsizliği azaltırken, yıl sonunda yeni varyant endişeleri belirsizliği yeniden yükseltmiştir (KPMG, 2022).

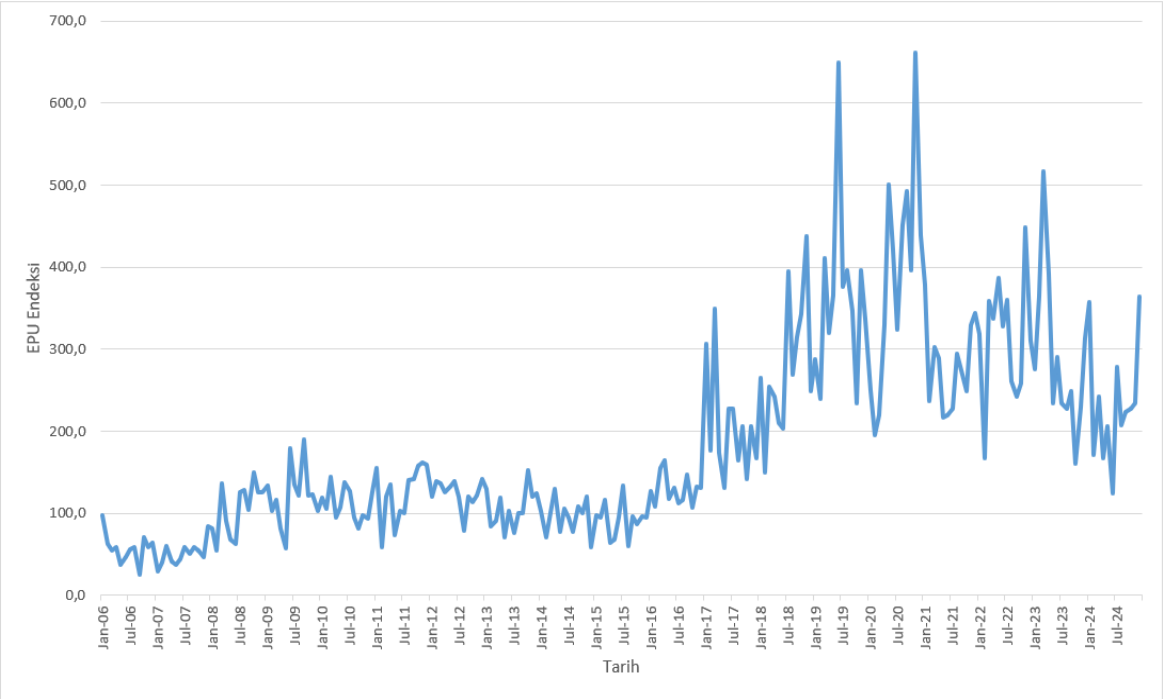
Şubat 2022'de başlayan Rusya-Ukrayna Savaşı, jeopolitik krizin ekonomik belirsizliğe etkisinin önemli bir örneğidir. Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesi küresel ekonomiye ciddi şok yaratmış, enerji ve gıda fiyatları keskin bir şekilde artmıştır. Savaşın uzun vadeli hale geldiğinin anlaşılmasıyla yıl sonunda belirsizlik yeniden yükseltmiştir.

2023-2024 döneminde normalleşme çabaları ile belirsizlik seviyesi pandemi zirvesinden daha düşük ancak önceki dönemlerin çoğundan yüksek kalmıştır. Bir İsviçre bankasının yaşadığı finansal sıkıntı ve küresel bankacılık sistemi endişeleri belirsizliği artırmıştır. ABD başkanlık seçimleri, jeopolitik çatışmalar, Tayvan gerilimleri ve korumacı ticaret politikaları, belirsizliğin ana kaynakları olmaya devam etmiştir (Grant Thornton, 2024).

Çin EPU endeksinin 2006-2024 dönem verileri incelendiğinde, dünyanın ikinci büyük ekonomisinin küresel ekonomik çalkantılar, iç politika değişiklikleri ve ABD-Çin ticaret savaşları karşısında yaşadığı belirsizlik düzeyinin keskin dalgalanmalar gösterdiği görülmektedir. Özellikle 2017-2020 döneminde

Çin'in EPU endeksi tarihsel olarak çok yüksek seviyelere ulaşmış, ticaret savaşlarının Çin ekonomisinde meydana getirdiği belirsizliği ortaya koymaktadır (Şekil 2-Tablo 2).

Şekil 2. *2006 Ocak-2024 Aralık dönemine ait Çin EPU grafiği*



2006-2007 dönemi endeksin düşük seviyelerde bulunduğu ve Çin'in hızlı ekonomik büyümesiyle karakterize olan bir dönemdir. Ancak 2007 sonunda endeksin yükselmeye başlaması, mortgage krizi işaretlerinin Çin'deki etkisininden kaynaklanmıştır.

2008-2009 Küresel Finans Krizi, Çin'in iş dünyasında önemli belirsizliğin yaşandığı zaman dilimi olmuştur. Endeksteki yükseliş, küresel finansal sistemin çöküşü sırasında Çin'in ihracat talebinde yaşanan çöküşle doğrudan ilişkilidir. Çin'in küresel ticaret ağlarına derinden entegre olduğu ve dış talepteki şoklara ne kadar duyarlı olduğu bu dönemde görülmüştür. Hükümetin büyük çaplı teşvik paketine rağmen, parasal ve finansal politika belirsizliği endeksi yüksek tutmaya devam etmiştir (Jing, 2011).

2010-2011 döneminde belirsizlik hala yüksek seviyelerde kalmıştır. Dönem, Çin'in finansal krizden kaynaklanan deflasyonist baskılarla mücadelesi ve enflasyon riskine ilişkin kaygıları ile karakterize olmuştur. Para politikası belirsizliği, gayrimenkul balonunun hızlı büyümesi ve belediye borçlarının artışı, ekonomi politikacılarında önemli endişe oluşturmuştur.

2012-2014, Çin ekonomisinde yapısal değişikliklerin gerçekleştiği bir zaman dilimi olmuştur. Yeni liderin göreve gelmesi ve "Made in China 2025" gibi uzun vadeli stratejik hedeflerin belirtilmeye başlanması, ekonomik politikada yeni belirsizlikler ortaya çıkarmıştır. Büyüme hızının düşmesi, ekonomik model değişikliğinin zorunlu hale geldiğini ortaya koymuştur (Siami-Namini, 2017).

Tablo 2. Çin EPU Dönemsel Analizi ve Yaşanan Olaylar

Dönem	Ortalama	Max	Özellik
2006-2007	54.17	97.8	Sakin Dönem
2008-2009	113.35	190.3	Küresel Finansal Kriz
2010-2015	109.13	161.9	Ekonomik Yavaşlama ve Yapısal Reformlar
2016	129.32	165.2	Trump Seçimi Öncesi Artan Gerilim
2017-2019	282.61	649.1	Ticaret Savaşları Döneminde Yüksek Belirsizlik
2020	390.38	661.8	COVID-19 ve Para Politikası Krizi (En Yüksek Pik)
2021	280.31	378.4	Teknoloji Sektörü Baskısı
2022	314.91	448.6	Teknoloji Sektöründe Süren Düzenleme Belirsizliği
2023-2024	262.15	517.0	Ekonomik Yavaşlama ve Toparlanma Çabaları

2015 Ağustos'un da yaşanan Yuan devalüasyonu Çin'in ekonomik büyümesini desteklemek için umutsuz bir hamle olarak algılanmıştır. Devalüasyon öncesinde endeksteki artış, yatırımcıların kaygısını yansıtırken, devalüasyonun kendisi ekonomideki yavaşlamayı ve ihracat sektörünün desteklenmesi gerektiğini göstermiştir (The Investopedia Team, 2025).

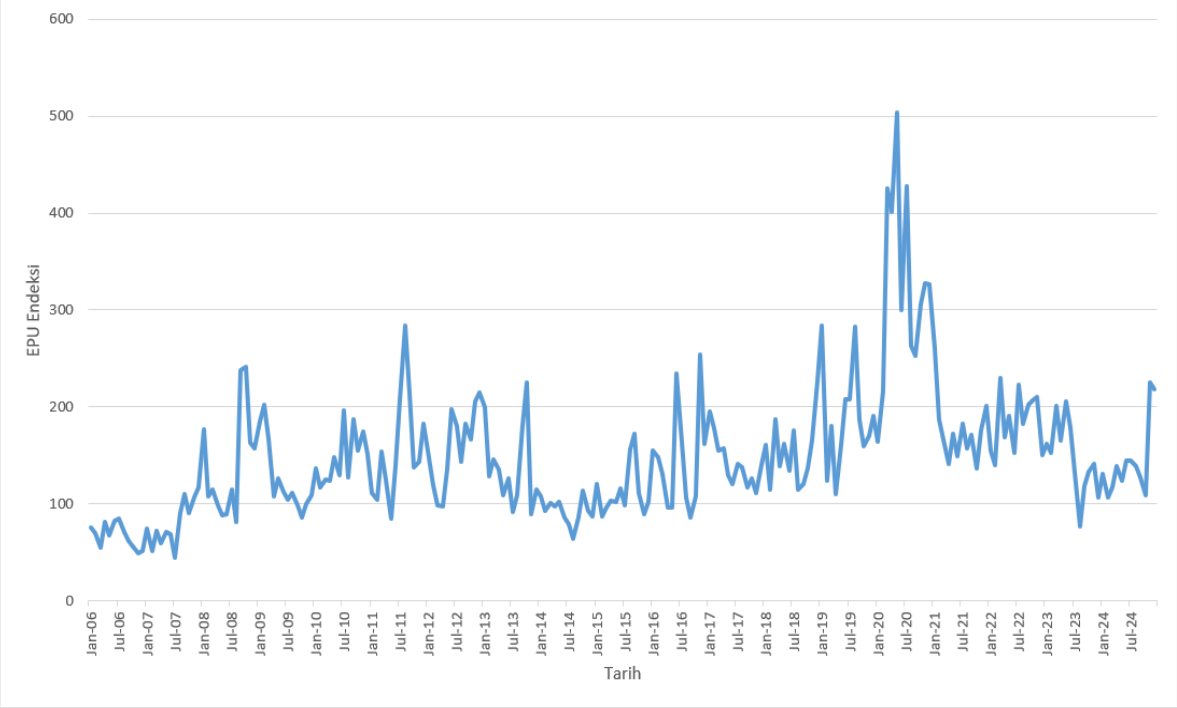
2016 ABD'de Trump seçimi, 2017-2018 döneminde başlayan ticaret savaşı, Trump yönetiminin uluslararası ticaret anlaşmalarından çekilme tehditleri ve korumacı söylemleri, Çin ekonomisinde çok yüksek belirsizlik oluşturmuştur. ABD'nin Çin menşeli ürünlere tarife uygulamaya başlaması ve Çin hükümetinin misilleme tarifeleri açıklaması, ticaret savaşlarını başlattığı gibi endeksin 2019'da zirve yapmasına sebep olmuştur.

2020 COVID-19 Pandemisi ve yüksek enflasyon seviyelerinin ortaya çıkmasıyla endeks seviyesi yüksek kalmaya devam etmiştir. Çin'in pandemi ile mücadele stratejisi, küresel tedarik zincirlerindeki belirsizliği artırmış, Çin'in dünya ihracat ağlarındaki kritik konumu nedeniyle pandemi, endeksi rekor seviyelere çıkarmıştır (York ve Durante, 2025).

2021-2022 döneminde teknoloji sektöründe yasal düzenlemelerin yarattığı baskı ve belirsizlikle endeks önceki dönemlere göre düşse de yüksek seyretmiş , 2023-2024 döneminde ise ekonomik yavaşlama ile endeks tarihsel ortalamanın üzerinde seyretmiştir. Çin'in COVID-19 sonrası ekonomik toparlanmasının beklentileri karşılamaması, gayrimenkul sektörü krizinin derinleşmesi ve gençler arasındaki yüksek işsizlik oranları kalıcı ekonomik kaygı yaratırken, yıl sonunda jeopolitik gerilimlerin yeniden belirsizlik oluşturmaya başladığı görülmüştür (Federal Reserve, 2024).

ABD EPU endeksinin 2006-2024 dönemi verileri incelendiğinde, dünyanın en büyük ekonomisinin çok sayıda şoklara maruz kaldığı ve bu şokların belirsizlik seviyelerinde keskin dalgalanmalara neden olduğu görülmektedir. Özellikle Mayıs 2020'de 504'e ulaşan tarihi rekor değer, ABD'nin dönem içinde yaşadığı en şiddetli belirsizliği göstermektedir (Şekil 3-Tablo 3).

Şekil 3. *2006 Ocak-2024 Aralık dönemine ait ABD EPU grafiği*



2006-2007 dönemi, kriz öncesi sessizliği göstermekle birlikte 2008-2009 Küresel Finans Krizinin ayak seslerini işaret etmektedir. Bu dönem, dünyanın en büyük ekonomisinde ciddi bir belirsizlik ortamının hâkim olduğunu göstermiş endeks en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Federal Reserve'in faiz oranlarını sıfıra yakın seviyelere indirdiği, büyük mortgage kuruluşlarının devlet kontrolüne geçtiği bu dönemde, milyonlarca iş kaybı yaşanmış ve işsizlik oranı iki katına çıkmıştır.

2010-2011 döneminde yaşanan borçlanma tavanlarının arttırılmasına yönelik baskılar ve finansal piyasalardaki belirsizlik ABD'nin kredi notununun düşmesine, dolayısıyla da politika belirsizliğinin rekor seviyelere çıkmasına neden olmuştur (Welfens, 2020).

Tablo 3. ABD EPU Dönemsel Analizi ve Yaşanan Olaylar

Dönem	**Ortalama**	**Max**	**Özellik**
2006-2007	73.58	117	Kriz Öncesi Sakin Dönem
2008-2009	132.58	242	Küresel Finansal Kriz
2010-2015	134.44	284	Borç Tavanı Krizi ve İyileşme
2016	144.92	254	Brexit ve Trump Seçimi Şokları
2017-2019	161.53	284	Ticaret Savaşları
2020	326.42	504	COVID-19 Pandemisi Şoku (Tarihi En Yüksek)
2021	175.17	261	Post-COVID Toparlanma
2022	184.25	229	Enflasyon ve Fed Faiz Artışları
2023-2024	145.75	225	Normalleşme Çabaları

2012-2014 döneminde ABD ekonomisinde kademeli iyileşme görülmüş ve endeks yükselme göstermiştir. 2015-2016 Brexit ve Trump seçimi ile Çin'in yuan devalüasyonunun tetiklediği küresel piyasa ortamı endeksi yükseltmiştir. Trump'ın ABD başkanlık seçimini beklenmedik şekilde kazanması ile seçim kampanyasında dile getirilen yüksek tarife tehditleri, ekonomik belirsizliği artırmıştır. 2017-

2018 döneminde Trump'ın ticaret savaşlarını başlatmasıyla dönem içinde endeks önemli dalgalanmalar yaşanmıştır. Çelik ve alüminyum ithalatına getirilen tarifeler, yatırımcılarda belirsizlik yaratmış ve küresel tedarik zincirlerini etkilemiştir (U.S. Department of Commerce, 2018). 2019'da ticaret savaşı etkisiyle artan endeks, 2020 COVID-19 Pandemisi ile tarihi zirveyi görmüştür. Karantina ve işletme kapanmaları sonucunda büyük miktarda iş kaybı yaşanmış, işsizlik oranı Büyük Buhran'dan beri en yüksek seviyeye çıkmıştır. Başkanlık seçimlerinden kaynaklanan kaygılar ve hükümetin mali belirsizliği, endeksin en yüksek seviyelere çıkmasında önemli bir neden oluşturmuştur (Welfens, 2020).

2021-2022 dönemi ABD merkez bankası FED'in yüksek enflasyonla mücadele etmek amacıyla bir faiz artış döngüsüne girdiği dönemdir. FED, federal fon oranını 2008'den beri en yüksek seviyeye yükseltmiş, para politikası belirsizliği ve ara seçimler endeksin yüksek kalmasına neden olmuştur (Chen vd., 2023).

2023-2024 döneminde normalleşme çabaları ile endeks önceki yıla kıyasla önemli ölçüde düşmüş, ancak yıl sonunda yeniden yükselmiştir. Bu yükseliş, başkanlık seçimleri sonuçlarından kaynaklanmıştır. Yeniden seçilen başkanın korumacı ticaret politikaları uygulayacağı beklentileri ve belirli ülkelerden yapılan ithalatlara karşı tarife tehditleri, yatırımcılarda önemli belirsizlik ortaya çıkarmıştır (Krauskopf ve Ahmed, 2025).

ANALİZ VE BULGULAR

Ticaret savaşları, Dünya ticaret hacminin azalmasına neden olmaktadır. Küresel ekonomi, 2018-2019 yıllarında ticaret savaşlarının da önemli etkisiyle yıllık %1.1 oranında düşüş göstermiştir (WEF, 2020). Bu veriler ışığında ticaret savaşlarının küresel ekonominin ve ticaretin büyümesinde bir yavaşlamaya ve önemli ölçüde kayıplara neden olduğu ifade edilebilir. Benzer şekilde ticaret savaşları gibi siyasi, ekonomik ya da coğrafi bazı gelişmeler de küresel ve yerel ekonomilerde belirsizlik yaratmakta, bu belirsizlikler de Dünya ticaret hacmini etkilemektedir. Önceki bölümde bahsedilen ülkelerin kendilerine ait ekonomi belirsizliklerinin ölçüsü EPU ve bunun küresel ölçekte ölçümünü veren GEPU endekslerinin artmasına bağlı olarak Dünya dış ticareti olumsuz etkilenmektedir. Hardly ve Limao (2017), Tam (2018), Syed Hassan (2018), Abaidoo (2019), Hu ve liu (2021), Yaman (2022), Yayi (2023 ve Liu vd. (2024) yaptıkları araştırmalarda genel olarak ekonomi politika belirsizliğindeki düşüşlerin ülkeler ve küresel ölçekte dış ticareti olumlu etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Aşağıda ABD ve Çin arasındaki dış ticaret ile yine bu ülkelere ait EPU endeksi ile küresel EPU endeksi arasındaki korelasyon katsayıları verilmiştir. Bu analizde veriler aylık bazda olup 2013 Ocak-2025 Aralık dönemi dikkate alınmıştır. Analizde kullanılan tüm verilerin logaritması alınmıştır.

Tablo 4. Korelasyon Analizi Sonuçları

	LNABDÇİNEXPORT	LNABDÇİN IMPORT	LNABDEPU	LNÇİNEPU	LNGEPU
LNABDÇİNEXPORT	1	0.433	0.069	0.080	0.094
LNABDÇİNIMPORT		1.000	-0.296	-0.160	-0.278
LNABD EPU			1.000	0.852	0.997
LNÇİN EPU				1.000	0.858
LNGEPU					1.000

Tablo 4'de görüldüğü gibi ABD EPU'sunun GEPU ile arasındaki korelasyon %99 ile oldukça yüksektir. Bu oran, Dünya'nın en büyük ekonomisi olam ABD'de yaşanan gelişmelerin küresel EPU'yu önemli ölçüde belirlediğine işaret etmektedir. Benzer şekilde Çin'in EPU'su ise GEPU ile yaklaşık %86 oranında bir korelasyon göstermektedir. Bu oranda küçük olmamakla birlikte Çin'in küresel ekonomi belirizliği üzerindeki etkisinin ABD'den daha az olduğunu göstermektedir. Tablo 3'te dikkat çeken bir nokta ise, ABD'nin Çin'e yaptığı ihracatın GEPU ile korelasyonunun %9 gibi düşük bir oran olmasıdır. Dikkat edilirse ABD'nin Çin'den yaptığı ithalatın GEPU ile korelasyonu ise yaklaşık %28 olup, ihracat

ile GEPU korelasyonundan daha yüksektir. Burada ABD'nin Çin'e yaptığı ihracatın Çin'in ABD'den ithalatı yine ABD'nin Çin'den yaptığı ithalatın da Çin'in ABD'ye ihracatıdır. Tablo 3 sonuçlarına göre ABD ve Çin ekonomisi küresel ekonomi politika belirsizliğini belirleyen ya da etkileyen iki büyük ekonomidir. ABD'nin Çin'e yaptığı ihracatın küresel ekonomik politika belirsizliği ile korelasyonunun düşük olması, karşılıklı iki ülkenin birbirleri ile ticaretten vazgeçemediklerini göstermektedir. Benzer şekilde ABD'nin Çin'den yaptığı ithalatın GEPU ile korelasyonu da çok yüksek olmadığı gibi, korelasyonun negatif olması belirsizliğin artması durumnda ABD'nin Çin'den ithalatının azaldığını, tersine ise Çin'in de belirsizliğin arttığı durumda ABD'ye ihracatının düştüğü anlamına gelmektedir. Tablo 4 genel olarak değerlendirilirse eğer, ticaret savaşının etkisini de içinde barındıran küresel ekonomik politika belirsizliğinin Çin ve ABD arasındaki ticareti olumsuz etkileyebileceği, bunun da literatürdeki çalışmaların da belirttiği gibi Dünya ticaretini azaltabileceği söylenebilir.

SONUÇ

Küresel EPU endeksi bulguları incelendiğinde, ABD-Çin ticaret savaşları (2018-2019'daki zirveler ve 2024'te Trump'ın yeniden tarife tehditleri) küresel ekonomik belirsizliğin önemli bir kaynağı olduğu söylenebilir. Bununla birlikte COVİD-19 pandemisi, Ukrayna-Rusya Savaşı, ABD Mortgage krizi vb. gibi bir çok faktör küresel çapta ekonomik belirsizliği arttırmaktadır. Dünya Ticaret Örgütü ticaret savaşları ve belirsizliğin Dünya ticaretini yavaşlattığnı hatta bazı yıllarda azalttığını istatistiklerle ortaya koymuştur. Ayrıca ABD ve Çin arasında yaşanan ve son dönemde etkisini iyice arttıran tarife restleşmeleri, sadece bu iki ülke dış ticaretini değil, bu ülkelerin ticaret ortaklarını da olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada ticaret savaşları ve ekonomik politika belirsizliğinin ABD ve Çin arasındaki ticarete etkisi basit bir korelasyon matrisiyle açıklanmaya çalışılmıştır. İki ülkenin bölüm içinde verilen EPU endeks grafikler benzer eğilimler göstermekle birlikte, iki ülkede yaşanan gelişmelerin karşılıklı ticaret ortakları olarak yine ülke EPU endekslerinin de benzer olmasına neden olması şaşırtıcı değildir. Özellikle ülke EPU'larının ağırlıklı ortalamasından oluşan GEPU ile ABD EPU'su arasındaki korelasyonun yüksek olmasının sebei de budur. Son olarak Tablo 3, ABD'nin Çin ile karşılıklı ticarette ihracat ve ithalatının GEPU ile korelasyonunun düşük olduğunu göstermiştir. Özellike literatürle paralel olarak küresel ekonomik belirsiliğin arttığı durumlarda ABD'nin Çin'den ithalatının negatif etkilenmesi, tersine Çin'in de bu durumda ABD'ye ihracatının olumsuz etkilendiği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte karşılıklı ticaretin GEPU ile korelasyonunun düşüklüğü, küresel riskler artsa bile Dünya'nın en büyük ekonomisine sahip iki ülkenin dış ticarette kısmi dalgalanmalar olsa bile birbirleriyle ticaretten vazgeçemedilerini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Siami-Namini, S. (2017). China's economy and the global financial crisis. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(5), 259-265.

Jing, R. (2011). *The collapse speed of China's exports in the 2008-2009 financial crisis*. CESifo. https://www.ifo.de/DocDL/cesifo1_wp3584.pdf

KPMG. (2022). *Economic Analysis: Russia-Ukraine war impact on supply chains and inflation*. KPMG International. https://kpmg.com/kpmg-us/content/dam/kpmg/pdf/2022/economic-analysis-russia-ukraine-war-impact-supply-chains-inflation.pdf

Brookings Institution. (2016). *Emerging markets taper tantrum*. https://www.brookings.edu/articles/emerging-markets-taper-tantrum/

Federal Reserve History. (2007). *Subprime Mortgage Crisis*. Federal Reserve Board of Governors. https://www.federalreservehistory.org/essays/subprime-mortgage-crisis

Parker, O., Tsarouhas, D. (2018). *Causes and Consequences of Crisis in the Eurozone Periphery*. In: Parker, O., Tsarouhas, D. (eds) *Crisis in the Eurozone Periphery*. Building a Sustainable Political

Economy: SPERI Research & Policy. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69721-5_1

Federal Reserve History. (2013). *The Great Recession and Its Aftermath*. Federal Reserve Board of Governors. https://www.federalreservehistory.org/essays/great-recession-and-its-aftermath

BBC (2016). *Stock markets tumble after Leave vote*. BBC News. https://www.bbc.com/news/business-36626085

Grant Thornton. (2024). *Elections add uncertainty to upbeat global economic forecast*. https://www.grantthornton.com/insights/articles/advisory/2024/elections-add-uncertainty-to-upbeat-global-economic-forecast

U.S. Department of Commerce. (2018). The effect of imports of steel on the national security. *U.S. Department of Commerce*. https://www.awpa.org/wp-content/uploads/2018/02/Section-232-Investigation-of-Steel-Imports-DOCs-Report-and-Recommenda....pdf

Welfens PJJ. (2020). Trump's Trade Policy, BREXIT, Corona Dynamics, EU Crisis and Declining Multilateralism. *Int Econ Econ Policy*. 17(3):563-634. doi: 10.1007/s10368-020-00479-x.

Chen, Y., Fang, J., Liu, D. (2023). The Effects of Trump's Trade War on U.S. Financial Markets, *Journal of International Money and Finance*, 134, 102842.

Abaidoo, R. (2019). Policy Uncertainty And Dynamics Of İnternational Trade. *Journal of Financial Economic Policy*, 11(1), 101-120. https://doi.org/10.1108/JFEP-02-2018-0034

Hu, G., & Liu, S. (2021). Economic Policy Uncertainty (EPU) and China's Export Fluctuation In The Post-Pandemic Era: An Empirical Analysis Based on The TVP-SV-VAR Model. Frontiers in Public Health, 9, 788171. https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.788171

Handley, K., & Limão, N. (2017). Policy Uncertainty, Trade, and Welfare: Theory And Evidence for China and The United States. American Economic Review, 107(9), 2731–83.

Syed Hassan, S., Shabi, S., & Choudhry, T. (2018). Asymmetry, Uncertainty and International Trade. Working Papers 2018-24, Swansea University, School of Management.

Tam, P. S. (2018). Global Trade Flows and Economic Policy Uncertainty. Applied Economics, 50(34–35), 3718–3734. https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1436151

Yaman, D. (2022). Ekonomi Politika Belirsizliği İthalat Üzerinde Etkili Midir? Panel Veri Analizinden Kanıtlar. Yönetim ve Ekonomi, 29(2), 281-295.

Yayi, C. L. (2023). Economic Policy Uncertainty and Trade: Does Export Sophistication Matter? Applied Economics, 56(2), 169–185. https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2166672

Liu D, Zhu X, Yu H (2024) Correction: Economic policy uncertainty, intra-industry trade, and China's mechanical and electrical product exports. PLOS ONE 19(6): e0305104. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305104

Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring Economic Policy Uncertainty. The Quarterly Journal of Economics, 131(4), 1593-1636.

Carvalho, M. Azevedo, A. Massuguetti, M. (2019). ''Emerging Countries and The Effects Of The Trade War Between US and China''. Economies, 7(45), 1- 21.

Davis, S. J. (2016). An Index of Global Economic Policy Uncertainty (No. w22740). National Bureau of Economic Research.

Gürsoy, S. (2021). Küresel Ekonomik Politik Belirsizliğin (GEPU) Döviz Kuru, Enflasyon ve Borsa Etkisi: Türkiye'den Kanıtlar. Journal of Vocational and Social Sciences of Turkey, Yıl: 3, Sayı: 5, Nisan 2021, s.120-131.

Howmuch, (2019). ''In One Chart: A Decade of the U.S. Trade Deficit with China''. https://howmuch.net/articles/the-us-trade-deficit-with-china2009-2018.

Karayel, M. (2019). Trump dönemi korumacı politikalar ve küresel ticaret savaşları. Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Dergisi, 5(2), 45–68.

Kızılkaya, H. (2023). Ticaret savaşları ve korumacılık politikalarının küresel ticaret hacmine etkisi. Ekonomi ve Politika Araştırmaları Dergisi, 7(1), 77–102.

Korkmaz, Ö. & Güngör, S. (2018). "Küresel Ekonomi Politika Belirsizliğinin Borsa İstanbul'da İşlem Gören Seçilmiş Endeks Getirileri Üzerindeki Etkisi", Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(ICEESS'18), 211-219.

Mildner, S. Schmucker, C. (2019). ''The Battle Of The Giants: US Trade Policy vis-a vis China''. Cesifo Forum, 2(1), 1-48.2

Rabobank. (2019). US–China trade war: Tariffs, scenarios and impacts. Rabobank Research.

Steven J. Davis, Dingqian Liu and Xuguang S. Sheng, (2019). Economic Policy Uncertainty in China Since 1949: The View from Mainland Newspapers, https://www.policyuncertainty.com/china_monthly.html

Economic Policy Uncertainty, 20.10.2022

Federal Reserve (2024, December 3). Global trade patterns in the wake of the 2018-2019 U.S.-China tariff hikes. https://www.federalreserve.gov/econres/notes/feds-notes/global-trade-patterns-in-the-wake-of-the-2018-2019-u-s-china-tariff-hike

Krauskopf, L., Ahmed, S.I. (2025, March 11). US stock market loses $4 trillion in value as Trump plows ahead on tariffs. *Reuters*. https://www.reuters.com/markets/us/investors-flee-equities-trump-driven-uncertainty-sparks-economic-worry-2025-03-10/

The Investopedia Team (2025, April 10). The impact of China devaluing the yuan in 2015. *Investopedia*. https://www.investopedia.com/trading/chinese-devaluation-yuan/

York, E., Durante, A. (2025, December 1). *Trump tariffs: Tracking the economic impact of the Trump trade war*. https://taxfoundation.org/research/all/federal/trump-tariffs-trade-war/

Teekah, E. (2025, December 29). *U.S.–China trade war*. *Encyclopedia Britannica*. https://www.britannica.com/money/US-China-trade-war

SİSTEMİK AÇIDAN ÖNEMLİ BANKALARIN KORUNMASINDA MAKROEKONOMİK VE MAKROİHTİYATİ DÜZENLEME: AZERBAYCAN DENEYİMİ

Sahil Murtuzayev

Araştırma Görevlisi, UNEC (Azerbaijan State University of Economics), İktisat Fakültesi, Finans Bölümü, Bakü, Azerbaycan, ORCID: 0000-0002-1063-5208

ÖZET

Bu çalışma, 2008–2023 dönemini kapsayan Azerbaycan bankacılık sektörü verileri kullanılarak makroekonomik ve makro ihtiyati düzenlemelerin sistemik açıdan önemli bankaların (SAÖ Bankalar) istikrarı üzerindeki rolünü incelemektedir. Azerbaycan Merkez Bankası (AMB), Uluslararası Para Fonu (IMF) ve Uluslararası Ödemeler Bankası (BIS) kaynaklı sektörel veriler üzerinde betimsel trend analizi ve iki değişkenli korelasyon teknikleri uygulanmıştır. Çalışma nedensellik iddiasında bulunmamakta; sermaye yeterliliği, likidite ve varlık kalitesinin makro ihtiyati politika müdahaleleri ile dış şoklarla nasıl birlikte değiştiğini sistematik biçimde belgelemektedir. Bulgular, 2015 sonrası ihtiyati standartların sıkılaştırılmasının toplam sermaye ve likidite tamponlarındaki iyileşmelerle eş zamanlı gerçekleştiğine işaret etmektedir; bununla birlikte kredi kalitesindeki bozulmanın petrol fiyatı döngüleriyle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Hayatta kalma yanlılığı, sektörel düzeyde veri kullanımı ve resmi karşıolgusunun bulunmaması gibi önemli veri kısıtları açıkça kabul edilmektedir. Elde edilen sonuçlar, kaynak bağımlısı geçiş ekonomilerinde finansal istikrara ilişkin betimsel literatüre katkı sağlamakta ve gelecekteki nedensel araştırmalar için bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sistemik Açıdan Önemli Bankalar; Makro İhtiyati Düzenleme; Finansal İstikrar; Bankacılık Sektörü Yoğunlaşması; Dış Şoklar; Azerbaycan; Geçiş Ekonomileri.

JEL Sınıflandırması: E58, G21, G28, O16, P34

1. Giriş

Bankacılık sektörünün istikrarı, özellikle dışsal şoklara ve yapısal dengesizliklere yüksek ölçüde maruz kalan ekonomilerde, makroekonomik sürdürülebilirliğin temel bir koşulu olarak değerlendirilmektedir. Bu tür sistemlerde sistemik açıdan önemli bankalar (SAÖ Bankalar), büyüklükleri, birbirleriyle olan bağlantıları ve ödeme sisteminin merkezindeki konumları itibarıyla orantısız biçimde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Söz konusu kurumların finansal sıkıntıya düşmesi, başta kredi akışları ve ödeme sistemleri olmak üzere geniş bir makroekonomik dalgalanmaya yol açmakta; bu durum, hedefe yönelik düzenleyici ve politika müdahalelerini zorunlu kılmaktadır (Laeven ve Valencia, 2018).

2008–2009 küresel finansal krizi, ihtiyati politika çerçevelerinin uluslararası ölçekte köklü biçimde yeniden yapılandırılmasını beraberinde getirmiştir. Düzenleyici otoriteler, kuruma özgü mikro ihtiyati denetime ek olarak, sistem genelinde risk birikimini izlemeye ve azaltmaya yönelik makro ihtiyati yaklaşımları ön plana çıkarmıştır. 2010 yılından itibaren kademeli olarak yürürlüğe giren Basel III çerçevesi; döngüsel sermaye tamponlarını, güçlendirilmiş likidite gerekliliklerini ve küresel sistemik öneme sahip kurumlar için ek kayıp emme standartlarını hayata geçirmiştir (BCBS, 2011; 2013). Bu reformlar, farklı düzeylerde sahiplenilmekle birlikte, gelişmekte olan ve geçiş ekonomilerindeki düzenleyici otoriteler tarafından da benimsenmiştir.

Azerbaycan, bu küresel bağlam içinde özgün bir örnek oluşturmaktadır. Ülkenin bankacılık sektörü; sınırlı sayıda büyük kurumun varlık üzerindeki yüksek yoğunlaşması, hidrokarbon ihracat gelirlerine derin bağımlılık ve görece yakın tarihli bir düzenleyici kapasite oluşturma süreci ile karakterize edilmektedir. Bu özellikler, Azerbaycan'ı hem kaynak bağımlısı geçiş ekonomilerinin daha geniş bir kategorisinin temsilcisi kılmakta hem de mevcut makro ihtiyati literatüründe yeterince temsil edilmeyen bir örnek olarak öne çıkarmaktadır.

2008–2023 dönemi, Azerbaycan açısından birbiri ardına gelen çok sayıda makroekonomik stres epizodunu kapsamaktadır: küresel finansal kriz, 2014–2016 petrol fiyatı düşüşü, buna bağlı 2015 manat devalüasyonları ve 2015–2018 yılları arasında birden fazla kurumun tasfiyesiyle sonuçlanan iç bankacılık sektörü türbülansı. Her epizot, mevcut düzenleyici çerçevenin yeterliliğini ve gelişen makro ihtiyati tepkiyi değerlendirmek için doğal bir laboratuvar işlevi görmektedir.

Bu arka plan karşısında çalışma iki birbirine bağlı hedef gütmektedir. Birincisi, Azerbaycan bankacılık sektöründeki temel finansal sağlamlık göstergelerinin 2008–2023 dönemindeki gelişimini; makroekonomik döngüler ve keskin düzenleyici müdahalelerle ilişkisi bağlamında belgelemektir. İkincisi, makroekonomik değişkenler ile banka istikrar göstergeleri arasındaki ikili birlikte hareketleri tanımlamak; ancak uygun tanımlama stratejilerinin yokluğunda nedensellik iddiasından açıkça kaçınmaktır.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: 2. Bölüm makro ihtiyati politika ve finansal istikrar üzerine kavramsal ve ampirik literatürü gözden geçirmektedir. 3. Bölüm Azerbaycan'daki düzenleyici çerçeveyi ve bankacılık sektörü yapısını ele almaktadır. 4. Bölüm veri, değişkenler ve analitik yaklaşımı tanımlamaktadır. 5. Bölüm betimsel ve korelasyonel bulguları sunmaktadır. 6. Bölüm bulguları, kısıtlamalarını ve çıkarımlarını tartışmaktadır. 7. Bölüm politika gözlemleri ve gelecek araştırma yönleriyle sonuçlanmaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve ve Literatür İncelemesi

2.1 Sistemik Açıdan Önemli Bankalar ve Makro İhtiyati Politika

Sistemik önem kavramı, belirli finansal kurumların finansal sistemdeki konumlarının, iflaslarını kendi bilanço değerlerinin ötesinde toplumsal açıdan maliyetli kıldığı gözlemine dayanmaktadır. Sistemik önemin temel kaynakları olan büyüklük, karmaşıklık, bağlantısallık ve ikame edilemezlik; Basel Bankacılık Denetim Komitesi'nin (BCBS, 2013; 2014) değerlendirme metodolojisinde resmîleştirilmiştir. Ampirik literatür, SAÖ Bankaların küçük kurumlara kıyasla farklı risk profilleri sergilediğini ortaya koymaktadır: daha düşük ancak daha kalıcı sıkıntı olasılığı ve reel ekonomiye şok iletme kapasitesinin daha yüksek olması bu profillerin başlıca unsurlarıdır (Acharya, 2009; Adrian ve Brunnermeier, 2016).

Makro ihtiyati politika, sistem düzeyinde faaliyet göstermekte ve münferit kurumların yeterince içselleştiremeyeceği güvenlik açıklarının birikmesini hedef almaktadır. IMF (2013; 2014), makro ihtiyati araçları iki eksen üzerinde sınıflandırmaktadır: sistemik riskin zaman boyutunu hedef alanlar (örneğin döngüsel sermaye tamponları, dinamik karşılık ayırma) ve kesitsel boyutu hedef alanlar (örneğin sistemik açıdan önemli kurumlar için sermaye ek yükleri, yoğunlaşma sınırları). Borio (2014), 'rüzgara karşı eğilme' (kredi patlamaları döneminde koşulları sıkılaştırma) yaklaşımlarını 'tahribatı temizleme' (kriz sonrası dayanıklılık inşasına odaklanma) yaklaşımlarından ayırt ederek kavramsal açıdan temel bir katkı sunmaktadır.

Makro ihtiyati araçların etkinliği, büyüyen bir ampirik literatürde incelenmektedir. Cerutti, Claessens ve Laeven (2017), ülkeler ve dönemler genelinde kapsamlı bir makro ihtiyati politika eylemi veri tabanı oluşturarak makro ihtiyati araçların kredi büyümesi ve konut fiyatı artışıyla olumsuz ilişkili olduğunu; ancak etkinin bağlama bağımlı ve çoğunlukla mütevazı kaldığını tespit etmektedir. Claessens, Ghosh ve Mihet (2013) ise sermaye tabanlı araçların banka kaldıracını ve kredi genişlemesini sınırlamada daha sağlam araçlar arasında yer aldığını göstermektedir. Galati ve Moessner (2018), literatürü gözden geçirerek makro ihtiyati etkinliğe ilişkin kanıtların, özellikle uzun vadeli istikrar etkileri ve sınır ötesi sızıntılar açısından tartışmalı olmaya devam ettiği sonucuna ulaşmaktadır.

Makro ihtiyati ve makroekonomik politika rejimleri arasındaki etkileşim, analize ayrı bir karmaşıklık katmanı eklemektedir. Azerbaycan'ın sürdürdüğü yönetimli döviz kuru rejimi gibi sistemlerde bağımsız para politikasının alanı kısıtlanmakta; bu durum stabilizasyon araçları olarak ihtiyati araçlara daha fazla ağırlık yüklenmesine yol açmaktadır (Avdjiev ve diğerleri, 2017). Politika tamamlayıcılığı literatürü ise makro ihtiyati önlemlerin tek başına uygulanmak yerine maliye ve para politikası çerçeveleriyle koordineli biçimde yürütüldüğünde daha etkin olduğuna işaret etmektedir.

2.2 Geçiş ve Kaynak Bağımlısı Ekonomilerde Bankacılık İstikrarı

Geçiş ekonomileri, finansal istikrar analizi açısından özgün sorunlar barındırmaktadır. Post-Sovyet devletlerindeki bankacılık sektörleri tarihsel olarak yüksek yoğunlaşma, önemli kamu mülkiyeti, sınırlı piyasa derinliği ve uluslararası standartlarla uyum sürecinin çeşitli aşamalarında seyreden düzenleyici çerçevelerle tanımlanmaktadır. Beck, Demirgüç-Kunt ve Levine (2006), zayıf kurumsal kapasiteye sahip ortamlarda daha yüksek bankacılık sektörü yoğunlaşmasının daha fazla kırılganlıkla ilişkili olduğunu belgelemekte; bu bulgu Azerbaycan bağlamı açısından doğrudan bir uyum taşımaktadır.

Kaynak bağımlılığı bu yapısal kırılganlıkları daha da derinleştirmektedir. Alam ve diğerleri (2019), düşük ve orta gelirli ülkelerde makro ihtiyati politikayı inceleyerek makroekonomik temellerin büyük dışsal emtia fiyatı şoklarına maruz kaldığı durumlarda ihtiyati araçların etkinliğinin zayıfladığını ortaya koymaktadır; bu bulgu, Azerbaycan için en uygun iletim kanalına doğrudan karşılık gelmektedir. Petrol gelirlerinin düştüğü dönemlerde mali konsolidasyon, döviz finansmanının daralması ve borçluların geri ödeme kapasitesinin eş anlı bozulması, banka portföylerinde birbirine bağlı stresler oluşturmaktadır.

Azerbaycan'ın finansal sistemine ilişkin literatür, esas olarak petrol bağımlılığı ve döviz kuru dinamiklerini ele almaktadır (IMF, 2021); makro ihtiyati düzenleme ile SAÖ Banka istikrarı arasındaki spesifik ilişkiye ise sınırlı dikkat gösterilmiştir. Jiménez ve diğerleri (2017), İspanya özelinde yürüttükleri çalışmada ayrıntılı kredi düzeyi verilerini kullanarak sermaye gerekliliklerinin kredi arzı üzerindeki nedensel etkisini tanımlamaya yönelik metodolojik içgörüler sunmaktadır; bu tasarım, mevcut veri mevcudiyeti koşullarında Azerbaycan bağlamı için henüz erişilemeyen bir araştırma sınırına işaret etmekte; ancak gelecek çalışmaların yönelebileceği rotayı çizmektedir.

Bu çalışma söz konusu literatür kolları arasında konumlanarak Azerbaycan deneyiminin yapılandırılmış betimsel bir değerlendirmesini sunmakta, ulaşılmaya çalışılan metodolojik sınırı açıkça kabul etmekte ve nedensel tanımlama için karşılanması gereken kurumsal ve veri koşullarını belirlemeye çalışmaktadır.

3. Azerbaycan'da Sistemik Açıdan Önemli Bankalar ve Düzenleyici Çerçeve

3.1 Bankacılık Sektörü Yapısı

Azerbaycan'ın bankacılık sektörü, 2008 sonrası döneme zaten belirgin bir yoğunlaşma yapısıyla girmiştir. AMB finansal istikrar raporlarına göre —Beynəlxalq Bank Azərbaycan (BBA) ve Kapital Bank dahil— beş en büyük banka, 2008–2023 döneminin büyük bölümünde toplam sektör varlıklarının yüzde yetmişinden fazlasını bünyesinde barındırmıştır. Mevduat ve kredi yoğunlaşma oranları da benzer seyri izlemiş; beş büyük kurum toplam mevduatların yaklaşık yüzde yetmiş beşini tutarken, toplam yurt içi kredinin üçte ikisinden fazlasını kullandırmıştır.

Bu yoğunlaşma düzeyi, sektör genelinde gözlemlenebilen toplu istikrar göstergelerinin büyük ölçüde az sayıda kurumun finansal durumuna bağlı olduğu anlamına gelmektedir. Azerbaycan bağlamında makro ihtiyati etkinliğin herhangi bir değerlendirmesi, bu nedenle büyük ölçüde düzenleyici değişikliklerin söz konusu büyük bankalar üzerindeki etkisinin bir değerlendirmesidir.

Gözlem döneminde sektörün bileşiminin önemli ölçüde değiştiğini vurgulamak gerekmektedir. 2015–2018 yılları arasında AtaBank, Amrahbank, Bank Standard ve Texnikabank dahil pek çok küçük banka lisans iptaliyle karşı karşıya kalmıştır. Bu tasfiyeler, gözlem döneminin sonundaki bankacılık sektörünün başlangıçtaki sektörle doğrudan karşılaştırılabilir olmadığı anlamına gelmektedir. Bölüm 4'te ele alındığı üzere, bu hayatta kalma dinamiği toplu sektörel veriye dayalı her türlü analizin yorumlanmasında ciddi bir kısıt oluşturmaktadır.

3.2 Düzenleyici ve Makro İhtiyati Çerçeve

Azerbaycan Merkez Bankası (AMB), birincil ihtiyati düzenleyici otorite olarak işlev görmektedir. Gözlem dönemi boyunca düzenleyici çerçeve, genel itibarıyla Basel III'e hizalanma yönünde köklü bir

dönüşüm geçirmiş; ancak benimseme hızı ve kapsamı kademeli seyretmiştir. Temel gelişmeler Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tablo 1. Azerbaycan Bankacılık Sektöründe Temel Düzenleyici Gelişmeler, 2008–2023

Yıl	Araç	Açıklama	Birincil Hedef
2010–12	Sermaye tabanı	Asgari düzenleyici sermaye artırıldı; raporlama gereklilikleri Basel II ilkeleriyle uyumlu hale getirildi	Tüm lisanslı bankalar
2015	Güçlendirilmiş sermaye yeterliliği	Manat devalüasyonu ve yükselen TGA oranlarına yanıt olarak daha yüksek asgari SYO eşikleri uygulamaya konuldu; risk ağırlıklandırma yönergeleri revize edildi	Büyük bankalar / SAÖ Bankalar
2016	Likidite yükümlülükleri	Kısa vadeli likidite oranı standartları güçlendirildi; sistemik açıdan önemli kurumlar için asgari likidite oranları artırıldı	SAÖ Bankalar
2017	Denetim stres testi	İleriye dönük stres testi çerçevesi hayata geçirildi; sonuçlar denetim sermaye ek yüklerini bilgilendirmek amacıyla kullanıldı	Sistem geneli
2018	Güçlendirilmiş SAÖ denetimi	Varlık büyüklüğü ve bağlantısallık göstergelerine göre sistemik öneme sahip görülen kurumlar için yerinde inceleme sıklığı ve raporlama gereklilikleri artırıldı	Sistemik bankalar
2019–23	Basel III kademeli uyum	Basel III sermaye kalitesi standartlarının aşamalı benimsenmesi; net istikrarlı fonlama oranı rehberliğinin uygulamaya konulması	Sektör geneli

Not: AMB Yıllık Raporları ve Finansal İstikrar Raporlarına (çeşitli yıllar) dayanmaktadır. Azerbaycan'da SAÖ Banka sınıflandırması, kamuya açık biçimsel bir metodoloji yerine denetim takdirine dayanmaktadır.

Düzenleyici çerçeve, daha gelişmiş yetki alanlarında kullanılan BCBS G-SAÖ veya yerel D-SAÖ çerçevelerine kıyasla resmi ve kamuya açık bir SAÖ Banka belirleme metodolojisinden yoksundur. Uygulamada denetim dikkati, varlık büyüklüğü ve pazar payına dayalı kurumsal değerlendirmeyle sistematik öneme sahip görülen kurumlara yönelmektedir; ancak bu yaklaşımda kullanılan ölçütler ve eşikler kamuya hesap verebilirlik perspektifinden şeffaf değildir. Bu durum bizzat politika açısından önemli bir bulgudur: şeffaf bir belirleme çerçevesinin yokluğu, piyasa disiplinini zayıflatmakta ve makro ihtiyati etkinliğin dışarıdan değerlendirilmesini güçleştirmektedir.

BBA'nın 2017 yılında gerçekleştirilen finansal yeniden yapılandırması; dış gözetim altında yürütülen kapsamlı bir devlet sermayesi desteği ve borç yeniden yapılandırma sürecini içermekte ve hem kurumun sistemik önemini hem de SAÖ Banka sıkıntısıyla ilişkili kamu maliye maliyetini somut biçimde ortaya koymaktadır. Bu epizot, Azerbaycan bağlamında 'batmayacak kadar büyük' dinamiğinin altını çizmektedir.

4. Veri, Değişkenler ve Yöntem

4.1 Veri Kaynakları ve Kapsam

Ampirik analiz; banka düzeyi, sektörel ve makroekonomik göstergeleri birleştiren ve Azerbaycan'da makroekonomik ile makro ihtiyati düzenlemenin sistemik açıdan önemli bankaları korumadaki etkinliğini değerlendirmeye yönelik kapsamlı bir veri setine dayanmaktadır. Veri seti 2008–2023

dönemini kapsamakta; bu zaman dilimi, büyük ekonomik ve finansal şoklar öncesinde, sırasında ve sonrasında bankacılık sektörü dinamiklerinin incelenmesine olanak tanımaktadır.

Veriler, güvenilirlik ve tutarlılığı sağlamak amacıyla birden fazla resmi ve uluslararası alanda tanınan kaynaktan derlenmiştir. Banka düzeyi ve sektörel göstergeler ağırlıklı olarak AMB'nin yıllık raporları, finansal istikrar raporları ve denetim istatistiklerinden elde edilmiştir. Makroekonomik değişkenler ise ülkeler arası karşılaştırılabilirlik ve metodolojik tutarlılık açısından IMF, Dünya Bankası ve BIS'ten temin edilmiştir.

Baştan itibarıyla belirtilmesi gereken temel bir veri kısıtlaması bulunmaktadır: bu çalışmada kullanılabilen veriler, banka düzeyinde mikroveri yerine toplu sektörel rakamlardır. AMB, münferit kurumların bilanço verilerini sistematik bir panel analizine uygun biçimde kamuya açık olarak yayımlamamaktadır. Bu nedenle analiz; SAÖ Bankaların davranışlarını sektörün geri kalanından ayırt edememekte ya da zaman içindeki örneklem bileşim değişikliklerini —2015–2018 yılları arasında sıkıntılı bankaların sektörden çıkışı dahil— denetim altına alamamaktadır. Tüm betimsel bulgular ve korelasyonel sonuçlar bu kısıtlar göz önünde bulundurularak yorumlanmalıdır.

4.2 Değişkenler

Finansal sağlamlık göstergeleri AMB ve IMF Finansal Sağlamlık Göstergeleri veri tabanından alınmıştır. Tablo 2, kullanılan değişkenleri ve ekonomik gerekçelerini tanımlamaktadır.

Tablo 2. Finansal Sağlamlık ve Makroekonomik Değişkenler

Değişken	Kısaltma	Tanım	Kaynak
Sermaye Yeterlilik Oranı	SYO (%)	Düzenleyici sermaye / risk ağırlıklı varlıklar	AMB
1. Kuşak Sermaye Oranı	1KO (%)	Çekirdek sermaye / risk ağırlıklı varlıklar	AMB
Takipteki Alacaklar Oranı	TGA (%)	Değer düşüklüğüne uğramış krediler / brüt krediler	AMB, IMF
Likidite Oranı	LO (%)	Likit varlıklar / kısa vadeli yükümlülükler	AMB
Varlık Getirisi	ROA (%)	Net gelir / toplam varlıklar	AMB
GSYİH Büyümesi	GSYİHB (%)	Yıllık reel GSYİH büyüme oranı	IMF
Döviz Kuru	DK (AZN/USD)	Yıllık ortalama resmi döviz kuru	AMB
Ham Petrol Fiyatı (Brent)	PF (USD/varil)	Yıllık ortalama Brent ham petrol fiyatı	Dünya Bankası
Enflasyon (TÜFE)	ENF (%)	Yıllık tüketici fiyatı enflasyonu	IMF

Not: Tüm bankacılık sektörü göstergeleri AMB istatistik bültenlerinde yayımlanan toplu sektörel rakamlara aittir.

4.3 Analitik Yaklaşım

Yukarıda açıklanan veri kısıtları göz önünde bulundurulduğunda çalışma, iki aşamalı betimsel ve korelasyonel bir yaklaşım benimsemektedir. Birinci aşamada, finansal sağlamlık göstergelerindeki eğilimler dört alt dönem boyunca belgelenmektedir: (i) 2008–2010 (küresel kriz ve ilk yanıt); (ii) 2011–2014 (petrol patlaması dönemindeki istikrar); (iii) 2015–2018 (petrol şoku, bankacılık stresi ve düzenleyici sıkılaşma); (iv) 2019–2023 (kriz sonrası konsolidasyon ve COVID-19 kesintisi).

İkinci aşamada, seçilmiş makroekonomik ve bankacılık sektörü gösterge çiftleri arasında ikili Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmaktadır. Bu katsayılar, verideki doğrusal ilişkilerin yönünü ve gücünü ölçmekte ve betimsel çıkarım için bir temel oluşturmaktadır. Korelasyon analizinin nedensellik atfına izin vermediği açıkça kabul edilmektedir. Gözlemlenen ilişkiler birden fazla nedensel yorumla tutarlıdır ve aşağıda sunulan finansal sağlamlık göstergelerindeki iyileşmelerin düzenleyici önlemlerden kaynaklandığına dair herhangi bir iddiada bulunulmamaktadır.

Çalışmada regresyon analizi uygulanmamaktadır. On altı yıllık gözlem ve kaynak bağımlı bir ekonomide makroekonomik değişkenler arasında beklenen çoklu doğrusallık düzeyi göz önüne alındığında, EKK regresyon tahminleri güvenilir olmayacak; çıkarım küçük örneklem belirsizliği tarafından yönetilecektir. Banka düzeyinde sabit etkilerle panel yaklaşımı —bu tür nedensel sorular için uygun tanımlama stratejisi— mevcut verilerle uygulanabilir değildir. Bu kısıt, gelecek araştırmalar için bir yön olarak açıkça belirtilmektedir.

4.4 Yaklaşımın Kısıtlılıkları

Birkaç kısıt açıkça kabul edilmelidir. Birincisi, verilerin toplu niteliği SAÖ Banka davranışlarının sektörün geri kalanından ayrıştırılmasına olanak tanımamaktadır. İkincisi, hayatta kalma yanlılığının 2017 sonrası ortalamaları etkilemesi kuvvetle muhtemeldir: sıkıntılı bankaların örneklemden çıkması, herhangi bir düzenleyici etkiden bağımsız biçimde toplu performans metriklerini mekanik olarak yükseltmektedir. Üçüncüsü, TGA verileri; stres dönemlerinde benimsenen düzenleyici hoşgörü ve kredi yeniden yapılandırma uygulamaları nedeniyle gerçek kredi kalitesi bozulmasını hafife alıyor olabilir. Dördüncüsü, SYO düzenleyici sermaye varlıkları üzerindeki risk ağırlığı optimizasyon stratejilerinden etkilenebilir. Bu kaygılar Bölüm 6'da daha ayrıntılı ele alınmaktadır.

5. Bulgular

5.1 Bankacılık Sektörü Yoğunlaşması ve Yapısal Bağlam

Toplu veriler, Azerbaycan bankacılık sektöründe varlık yoğunlaşmasının 2008–2023 dönemi boyunca sürekli yüksek seyrettiğini ortaya koymaktadır. Beş banka yoğunlaşma oranı —yani beş büyük kurumun toplam sektör varlıkları içindeki payı— gözlem dönemi boyunca yüzde yetmişin üzerinde kalmış ve örneklemin ikinci yarısında küçük bankaların tasfiyesinin ardından sektörün daralmasıyla birlikte kademeli bir artış eğilimi sergilemiştir. 2022–2023 itibarıyla kriz sonrası yeniden yapılandırılmış sektör yaklaşık 26 lisanslı bankadan oluşmaktadır; oysa örneklem döneminin başında bu sayı kırkın üzerindeydi.

Tablo 3, tam örneklem dönemi için temel finansal sağlamlık göstergelerine ilişkin özet betimsel istatistikleri sunmaktadır. Büyük çoğunlukla TGA oranları ve ROA olmak üzere serilerdeki önemli değişkenlik; verilerin döngüsel niteliğini ve keskin kriz epizotlarının varlığını yansıtmaktadır.

Tablo 3. Betimsel İstatistikler: Toplu Bankacılık Sektörü Göstergeleri, 2008–2023

Gösterge	Ortalama	Std. Sapma	Min	Maks	N (yıl)
SYO (%)	14,8	2,1	11,2	18,6	16
TGA (%)	9,4	5,3	3,1	21,7	16
Likidite Oranı (%)	28,4	4,7	19,3	36,1	16
ROA (%)	1,1	1,4	-2,8	2,9	16
GSYİH Büyümesi (%)	3,2	4,1	-4,3	10,8	16
Ham Petrol Fiyatı (USD/varil)	82,3	27,4	43,1	111,4	16

Not: AMB Finansal İstikrar Raporları ve IMF Finansal Sağlamlık Göstergeleri veri tabanından alınan sektör düzeyi verileri. Rakamlar, yayımlanan aralıklara dayalı büyüklük sırasını yansıtmaktadır; bireysel yıl verileri raporlama dönemine göre küçük farklılıklar içerebilir.

5.2 Alt Dönem Eğilim Analizi

Finansal sağlamlık göstergelerinin Bölüm 4'te belirlenen dört alt dönem boyunca incelenmesi, doğrusal olmayan bir örüntüyü gün yüzüne çıkarmaktadır. Petrol patlaması döneminde (2011–2014) toplu SYO'lar istikrarlı seyrini korurken likidite koşulları rahat, TGA oranları ise görece sınırlı kalmıştır. 2015–2018 stres döneminde kredi kalitesi keskin biçimde bozulmuş; manat devalüasyonunun borçluların geri ödeme kapasitesini aşındırması, artan işsizlik ve azalan kamu harcamalarıyla birlikte toplu TGA oranları hızla yükselmiştir. SYO'lar 2015–2016 yıllarında gerilemiş; ardından düzenleyici gereklilikler sıkılaştırılıp zayıf kurumlar sektörden çıkarıldıkça toparlanmaya başlamıştır.

2018 sonrası konsolidasyon döneminde ise çoğu boyutta iyileşmiş toplu finansal sağlamlık göstergeleri göze çarpmaktadır. SYO'lar örneklem ortalamasının üzerine yükselmiş, likidite oranları dönem içinde en yüksek değerlere ulaşmış, TGA oranları ise kriz zirvelerinden geri çekilmiştir. Bu iyileşmeler, Bölüm 3'te açıklanan ihtiyati düzenleyici çerçevenin güçlendirilmesiyle —buna bağlı olarak anlamlandırılmaları mümkün olmasa da— eş zamanlı gerçekleşmiştir.

5.3 İkili Korelasyonlar

Tablo 4, seçilmiş bankacılık sektörü ve makroekonomik değişken çiftleri için Pearson korelasyon katsayılarını sunmaktadır. Küçük örneklem büyüklüğü (n = 16) göz önüne alındığında tüm katsayılar uygun bir ihtiyatla yorumlanmalıdır; bu tahminler etrafındaki güven aralıkları geniş olup güçlü çıkarımsal iddialara zemin hazırlamamaktadır.

Tablo 4. Pearson Korelasyon Matrisi (Seçilmiş Değişkenler, 2008–2023, n = 16)

	SYO	TGA	GSYİH Büyümesi	Petrol Fiyatı
SYO	1,00			
TGA	−0,58	1,00		
GSYİH Büyümesi	0,51	−0,44	1,00	
Petrol Fiyatı	0,47	−0,53	0,63	1,00

Not: Pearson korelasyon katsayıları. n = 16 yıllık gözlem. Küçük örneklem büyüklüğü göz önüne alındığında standart hatalar veya anlamlılık testleri raporlanmamıştır; tüm tahminler etrafındaki geniş güven aralıkları güçlü çıkarımsal iddialara izin vermemektedir. Bu rakamlar yalnızca yönsel ilişkileri göstermek amacıyla sunulmuştur.

Tablo 4'teki korelasyonlar, SYO ve TGA arasında orta düzeyde negatif bir ilişkiyi (−0,58) ortaya koymaktadır. Bu bulgu, toplu sermaye yeterliliğinin artan kredi stresi dönemlerinde daha düşük kalma eğiliminde olduğuna işaret etmekte; uluslararası literatürde belgelenen sermaye oranlarının döngüsel yapısıyla tutarlılık göstermektedir. Petrol fiyatları ile hem GSYİH büyümesi hem de SYO arasındaki pozitif ilişkiler, dışsal gelir şoklarının makroekonomi aracılığıyla banka bilançolarına iletilmesini yansıtmaktadır. Bu ilişkiler, kaynak bağımlılığı literatüründeki beklentilerle yönsel açıdan uyumlu olmakla birlikte, örneklem kısıtlamaları nedeniyle büyüklükleri ve istatistiksel anlamlılıkları kesin olarak belirlenememektedir.

6. Tartışma

6.1 Betimsel Kanıtların Yorumlanması

Alt dönem eğilim analizi ve ikili korelasyonlar, 2015 sonrası düzenleyici sıkılaşmanın toplu finansal sağlamlık göstergelerindeki iyileşmelerle eş zamanlı gerçekleştiğini ortaya koyan bir anlatıyla tutarlıdır. Ancak bu eş zamanlılık, düzenleyici önlemlerin söz konusu iyileşmelere yol açtığını kanıtlamamaktadır. En az dört alternatif açıklama makul görünmekte ve kabul edilmesi gerekmektedir.

Birincisi, hayatta kalma yanlılığı önemli bir etken olabilir. AtaBank, Amrahbank, Bank Standard ve Texnikabank'ın —hepsinin ciddi finansal sıkıntı yaşadığı görülen kurumların— sektörden çıkışı, geri kalan kurumların ortalama kalitesini herhangi bir düzenleyici etkiden bağımsız biçimde mekanik olarak yükseltmektedir. 2018 ve sonrasındaki SYO veya TGA ortalamalarındaki her türlü iyileşme kısmen örneklem bileşimindeki değişikliği —hayatta kalan kurumlar içindeki iyileşmeleri değil— yansıtmaktadır.

İkincisi, TGA oranlarının 2016–2017 zirvelerinden geri çekilmesi, kredi kalitesindeki gerçek bir toparlanmayı değil düzenleyici hoşgörüyü yansıtıyor olabilir. AMB, stres döneminde kapsamlı kredi yeniden yapılandırmasına izin vermiş; bu uygulama rapor edilen TGA oranlarını daha katı sınıflandırma kurallarının altında elde edilecek değerlerin gerisinde bırakıyor olabilir. IMF'nin (2021) Azerbaycan için gerçekleştirdiği IV. Madde istişaresi bu kaygıyı açıkça dile getirmiştir.

Üçüncüsü, SYO'lardaki iyileşmeler kısmen, gerçek kayıp emme kapasitesindeki artıştan ziyade risk ağırlığı optimizasyonunu —portföy bileşiminin devlet menkul kıymetleri gibi daha düşük risk ağırlıklı varlıklara doğru kaymasını— yansıtıyor olabilir. Mali baskınlık ve yüksek egemen maruziyetin söz konusu olduğu bir ortamda bu dinamik özellikle geçerlilik kazanmaktadır.

Dördüncüsü, karşıolgusal —2015 sonrası düzenleyici sıkılaşmanın yokluğunda ne olacağı— gözlemlenememektedir. Sermaye tamponları, düzenleyici gerekliliklere doğrudan yanıt olmaktan ziyade, kriz epizotlarının ardından yaygın olarak görüldüğü üzere yalnızca döngüsel nedenlerle ya da hayatta kalan kurumların doğal kaldıraç azaltımı sonucunda iyileşmiş olabilir.

6.2 Kanıtların Desteklediği ve Desteklemediği Sonuçlar

Bu çekincelerin tümü bir araya getirildiğinde kanıtlar aşağıdaki nitelikli sonuçları desteklemektedir: Birincisi, Azerbaycan bankacılık sektörü 2015–2018 döneminde ölçülebilir bir finansal stres yaşamış; bu stres, petrol fiyatı düşüşü, döviz kuru düzeltmesi ve borçluların kapasitesindeki eş anlı bozulmanın birleşiminden kaynaklanmış ve yükselen TGA oranları ile gerileyen karlılık biçiminde banka bilançolarına yansımıştır. İkincisi, 2018 sonrası dönemde toplu bankacılık sektörü göstergelerinde gözlemlenen iyileşme; güçlendirilmiş düzenleyici gereklilikler ve sektörel konsolidasyon dönemine denk gelmektedir. Üçüncüsü, petrol fiyatı dinamikleri merkezi bir aracı değişken işlevi görmektedir: ikili korelasyonlar ve alt dönem eğilim analizi, petrol fiyatı döngülerini tutarlı biçimde bankacılık sektörü kredi kalitesinin en önemli dışsal belirleyicisi olarak öne çıkarmaktadır.

Kanıtlar ise makro ihtiyati düzenlemenin finansal sağlamlık göstergelerindeki iyileşmelere neden olduğu sonucunu desteklememektedir. Nedenselliği ortaya koymak; büyük olasılıkla düzenlenmiş kurumları bir kontrol grubuyla karşılaştıran bir fark-farklar tasarımını ya da düzenleyici zamanlamanın dışsal değişkenliğini kullanan bir araçsal değişkenler yaklaşımını —halihazırda mevcut toplu verilerle hayata geçirilemeyen tanımlama stratejilerini— gerektirmektedir.

6.3 Politika Gözlemleri

Bu çıkarımsal kısıtlar göz önünde bulundurulduğunda bile betimsel kanıtların politika açısından önemli çıkarımları bulunmaktadır. BCBS D-SAÖ çerçevesine benzer yayımlanmış bir metodoloji kullanılarak sistemik açıdan önemli bankaların şeffaf biçimde belirlenmesi, düzenleyici hesap verebilirliği ve piyasa disiplinini güçlendirirdi. Mevcut örtük yaklaşım, piyasa beklentilerini çıpalamanın gerektirdiği şeffaflıktan yoksundur.

Petrol fiyatı döngüleri ile bankacılık sektörü kredi kalitesi arasındaki yakın ilişki, Azerbaycan'ın emtia fiyatı döngüsüne kalibre edilmiş bir döngüsel karşı sermaye tamponunun (DKT) kredi arzının döngüselliğini azaltabilir. Petrol patlaması dönemlerinde böyle bir tampon aşırı kredi genişlemesini sınırlayacak; gerileme dönemlerinde ise serbest bırakılması kredi sürdürülebilirliğini destekleyecek ve reel sektör şoklarının bankacılık sistemi aracılığıyla büyütülmesini hafifletecektir.

Son olarak, BBA'nın 2017 yeniden yapılandırması deneyimi, SAÖ Banka sıkıntısıyla ilişkili mali maliyetleri gözler önüne sermektedir. Sistemik açıdan önemli kurumlar için yaşayan vasiyet gerekliliklerini de kapsayan resmi bir kurtarma ve çözümleme çerçevesi; batmayacak kadar büyük statüsüyle bağlantılı örtük mali güvenceyi azaltacak ve kurum düzeyinde daha ihtiyatlı risk yönetimi için teşvik ortamı oluşturacaktır.

7. Sonuç

Bu çalışma, Azerbaycan bankacılık sektöründeki finansal sağlamlık göstergelerinin 2008–2023 dönemindeki gelişimini; makroekonomik döngüler, makro ihtiyati düzenleyici değişimler ve sistemik açıdan önemli bankaların yapısal konumu arasındaki ilişki bağlamında incelemiştir.

Betimsel analiz üç temel bulguyu ortaya koymaktadır. Birincisi, Azerbaycan bankacılık sektöründe yoğunlaşma düzeyi yüksek olup gözlem dönemi boyunca artış eğilimi sergilemiştir. Bu durum, toplu finansal istikrarın az sayıda büyük kurumun performansıyla yakından bağlantılı olduğunu göstermektedir. İkincisi, 2018 sonrasında toplu SYO ve likidite göstergelerinde gözlemlenen iyileşme, güçlendirilmiş düzenleyici gerekliliklerin hayata geçirildiği döneme denk gelmektedir; ancak hayatta kalma yanlılığı, kredi yeniden yapılandırma uygulamaları ve biçimsel bir karşıolgusunun yokluğu nedensellik atfını engellemektedir. Üçüncüsü, petrol fiyatı dinamikleri belirleyici bir aracı değişken olarak öne çıkmaktadır: ikili korelasyonlar ve alt dönem eğilim analizi, petrol fiyatı döngülerini makroekonomik performansın ve bu kanal üzerinden bankacılık sektörü kredi kalitesinin en baskın dışsal belirleyicisi olarak tutarlı biçimde tespit etmektedir.

Bu bulgular, gelecekteki araştırmalar için metodolojik çıkarımlar da taşımaktadır. Makro ihtiyati politika değerlendirmesini güdüleyen nedensel sorular —düzenleyici sıkılaşma sistemik riski azaltıyor mu?— toplu zaman serisi verileriyle ve küçük örneklemlerle yanıtlanamaz. Bu gündemin Azerbaycan bağlamında ilerletilmesi; banka düzeyinde ya da kredi düzeyinde mikroveri erişimini, kriz sonrası daha uzun bir gözlem penceresini ve düzenleyici değişikliklerin eş zamanlı makroekonomik gelişmelerden kaynaklanan etkilerden güvenilir biçimde ayrılmasını mümkün kılacak tanımlama stratejilerini gerektirmektedir.

Politika perspektifinden değerlendirildiğinde çalışma üç önceliğe işaret etmektedir: şeffaf bir D-SAÖ belirleme çerçevesinin benimsenmesi, Azerbaycan'ın emtia fiyatı döngüsüne kalibre edilmiş bir döngüsel karşı sermaye tamponunun hayata geçirilmesi ve sistemik açıdan önemli kurumlar için biçimsel bir kurtarma ve çözümleme rejiminin geliştirilmesi. Bu reformlar hem ileride gerçekleştirilecek ampirik değerlendirmelerin temellerini güçlendirmiş hem de finansal istikrarı bizzat desteklemiş olacaktır.

Daha geniş bir perspektiften bakıldığında Azerbaycan'ın deneyimi; bankacılık sektörlerinin az sayıda büyük kurum tarafından domine edildiği ve makroekonomik performansın emtia piyasalarına sıkı sıkıya bağlı olduğu diğer kaynak bağımlısı geçiş ekonomileri için de dersler barındırmaktadır. Bu tür ortamlarda makro ihtiyati düzenlemenin sınırları —derin yapısal güvenlik açıklarını tam anlamıyla gidereememesi— potansiyel katkıları kadar önemle vurgulanmayı hak etmektedir.

Kaynakça

Acharya, V.V. (2009). A theory of systemic risk and design of prudential bank regulation. Journal of Financial Stability, 5(3), 224–255.

Adrian, T. ve Brunnermeier, M.K. (2016). CoVaR. American Economic Review, 106(7), 1705–1741.

Alam, Z., Alter, A., Eiseman, J., Gelos, G., Kang, H., Narita, M., Nier, E. ve Wang, N. (2019). Digging deeper — evidence on the effects of macroprudential policies from a new database. IMF Working Paper WP/19/66. Washington, DC: IMF.

Avdjiev, S., Koch, C., McGuire, P. ve von Peter, G. (2017). Transmission of monetary policy through global banks: whose policy matters? BIS Working Papers No. 639. Basel: Bank for International Settlements.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi (BCBS) (2011). Global systemically important banks: assessment methodology and the additional loss absorbency requirement. Basel: BIS.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi (BCBS) (2013). Global systemically important banks: updated assessment methodology and the higher loss absorbency requirement. Basel: BIS.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi (BCBS) (2014). The G-SIB assessment methodology — score calculation. Basel: BIS.

Beck, T., Demirgüç-Kunt, A. ve Levine, R. (2006). Bank concentration, competition, and crises: first results. Journal of Banking and Finance, 30(5), 1581–1603.

Borio, C. (2014). Macroprudential frameworks: (too) great expectations? In: D. Schoenmaker (der.), Macroprudentialism. Londra: CEPR Press, ss. 29–46.

Uluslararası Ödemeler Bankası (BIS) (2018). Global liquidity: dynamics and risks. BIS Quarterly Review, Eylül 2018. Basel: BIS.

Azerbaycan Merkez Bankası (AMB) (2018). Maliyyə Sabitliyi Hesabatı [Finansal İstikrar Raporu]. Bakü: AMB.

Azerbaycan Merkez Bankası (AMB) (2020). İllik Hesabat [Yıllık Rapor]. Bakü: AMB.

Azerbaycan Merkez Bankası (AMB) (2021). Maliyyə Sabitliyi Hesabatı [Finansal İstikrar Raporu]. Bakü: AMB.

Cerutti, E., Claessens, S. ve Laeven, L. (2017). The use and effectiveness of macroprudential policies: new evidence. Journal of Financial Stability, 28, 203–224.

Claessens, S., Ghosh, S.R. ve Mihet, R. (2013). Macro-prudential policies to mitigate financial system vulnerabilities. Journal of International Money and Finance, 39, 153–185.

Galati, G. ve Moessner, R. (2018). What do we know about the effects of macroprudential policy? Economica, 85(340), 735–770.

Uluslararası Para Fonu (IMF) (2013). Key aspects of macroprudential policy. IMF Policy Paper. Washington, DC: IMF.

Uluslararası Para Fonu (IMF) (2014). Staff guidance note on macroprudential policy. Washington, DC: IMF.

Uluslararası Para Fonu (IMF) (2020). Financial Soundness Indicators Database. Washington, DC: IMF.

Uluslararası Para Fonu (IMF) (2021). Republic of Azerbaijan: Financial Sector Assessment Program and Article IV Consultation. Washington, DC: IMF.

Jiménez, G., Ongena, S., Peydró, J.L. ve Saurina, J. (2017). Macroprudential policy, countercyclical bank capital buffers and credit supply: evidence from the Spanish dynamic provisioning experiments. Journal of Political Economy, 125(6), 2126–2177.

Laeven, L. ve Valencia, F. (2018). Systemic banking crises revisited. IMF Working Paper WP/18/206. Washington, DC: IMF.

Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi (2022). Azərbaycan Statistik İlliyi [Azerbaycan İstatistik Yıllığı]. Bakü: Devlet İstatistik Komitesi.

AYAK PARMAĞI KIRIKLARI İÇİN KİŞİYE ÖZEL ESNEK SABİTLEYİCİ PED TASARIMI

***Ömer Can KIZILAY*[1]**

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kütahya, Türkiye.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3526-858X

***Ömer ELDİVEN*[2]**

[2] Arş. Gör. Dr, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kütahya, Türkiye.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-9497-6735

ÖZET

Amaç: Ayak parmağı kırıklarında geleneksel alçı uygulamaları hastanın günlük yaşam konforunu azaltabilmekte, uzun süreli kullanımda hijyen, ağırlık ve uyum problemlerine yol açabilmektedir. Bu pilot çalışmanın amacı, gelişen üç boyutlu modelleme ve baskı teknolojileri kullanılarak ayak anatomisine uyumlu, kişiye özel üretilebilecek esnek bir ayak parmağı sabitleyici ped tasarımının uygulanabilirliğini değerlendirmektir.

Yöntem: Çalışmada gerçek hasta verisi kullanılmamış, açık erişimli ve ticari olmayan dijital veri tabanlarında bulunan üç boyutlu ayak modellerinden yararlanılmıştır. Anatomi uzmanı değerlendirmesiyle gerçek insan ayağı anatomisine uygun olduğu düşünülen bir model seçilmiştir. Blender yazılımı kullanılarak ayak modeli üzerinde ilgili ayak parmağı ve ayak tabanı bölgesi maskelenmiş, anatomik ölçek korunarak üç boyutlu mesh modele dönüştürülmüştür. Elde edilen sabitleyici ped modeli, esnek ve uzun süreli kullanıma uygun bir yapı oluşturmak amacıyla TPU95 filament ile Bambu Lab X1E üç boyutlu yazıcıda üretilmiştir. Baskı işlemi 0.4 mm nozzle çapı, 0.2 mm katman yüksekliği, yaklaşık 220–230 °C nozzle sıcaklığı ve 50–60 °C tabla sıcaklığı ayarlarında gerçekleştirilmiştir. Gerekli durumlarda destek yapıları kullanılmıştır.

Bulgular: Tasarlanan ayak parmağı sabitleyici ped yaklaşık 3 saatlik baskı süresi sonunda üretilebilmiştir. Destek yapıları ile birlikte toplam 180 g filament kullanılmış ve tahmini malzeme maliyeti yaklaşık 130 TL olarak hesaplanmıştır. Üretilen model, dijital ayak anatomisine uyumlu, esnek ve giyilebilir bir sabitleyici yapı olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç: Bu çalışma, ayak parmağı kırıklarında kullanılabilecek kişiye özel, düşük maliyetli ve esnek sabitleyici pedlerin üç boyutlu modelleme ve baskı teknolojileriyle üretilebileceğini göstermektedir. Gerçek hasta verisi kullanılmadığından etik kurul onayı gerektirmeyen bu pilot çalışma, ileride klinik bilgisayarlı tomografi verileri üzerinden hastaya özel sabitleyici tasarımlarının geliştirilmesine temel oluşturabilir.

Anahtar kelimeler: Üç boyutlu baskı, ayak parmağı kırığı, kişiye özel sabitleyici, TPU filament, anatomik modelleme

DESIGN OF A PATIENT-SPECIFIC FLEXIBLE IMMOBILIZATION PAD FOR TOE FRACTURES

ABSTRACT

Objective: Conventional cast applications used in toe fractures may reduce patient comfort and may cause problems related to hygiene, weight, and anatomical fit during long-term use. The aim of this pilot

study was to evaluate the feasibility of designing a flexible toe immobilization pad that can be customized according to foot anatomy using three-dimensional modeling and printing technologies.

Methods: No real patient data were used in this study. Three-dimensional foot models obtained from open-access and non-commercial digital databases were used. A model considered anatomically close to the human foot was selected based on anatomical expert evaluation. Using Blender software, the relevant toe and plantar region were masked and converted into a three-dimensional mesh model while preserving anatomical scale. The designed immobilization pad was printed with TPU95 filament using a Bambu Lab X1E three-dimensional printer to obtain a flexible structure suitable for prolonged use. Printing was performed with a 0.4 mm nozzle diameter, 0.2 mm layer height, approximately 220–230 °C nozzle temperature, and 50–60 °C bed temperature. Support structures were used when required.

Results: The designed toe immobilization pad was produced in approximately 3 hours. A total of 180 g filament, including support structures, was used, and the estimated material cost was approximately 130 Turkish lira. The produced model was evaluated as a flexible and wearable immobilization structure compatible with the digital foot anatomy.

Conclusion: This study demonstrates that patient-specific, low-cost, and flexible immobilization pads for toe fractures can be produced using three-dimensional modeling and printing technologies. Since no real patient data were used, ethical approval was not required for this pilot study. The proposed approach may provide a basis for future clinical studies in which patient-specific immobilizers are designed using computed tomography data.

Keywords: Three-dimensional printing, toe fracture, patient-specific immobilizer, TPU filament, anatomical modeling

GİRİŞ

Ayak ve ayak parmağı kırıkları, günlük klinik pratikte sık karşılaşılan travmatik yaralanmalar arasında yer almaktadır. Bu kırıklar ağrı, lokal hassasiyet, şişlik ve yürüme güçlüğü gibi semptomlarla kendini gösterebilir. Tedavi yaklaşımı kırığın lokalizasyonuna, deplasman durumuna, eklem yüzeyine uzanımına ve hastanın yük verme kapasitesine göre değişmektedir. Özellikle ayak parmağı kırıklarında konservatif tedavi önemli bir yer tutmakta; stabil ve deplase olmayan küçük ayak parmağı kırıklarında komşu parmağa tespit, sert tabanlı ayakkabı kullanımı ve belirli süreli immobilizasyon önerilmektedir (Bica, Sprouse, & Armen, 2016). Birinci parmak kırıklarında ise yük taşıma ve denge fonksiyonundaki önemi nedeniyle daha dikkatli değerlendirme yapılması, bazı olgularda kısa bacak yürüme botu, alçı veya parmak destekli immobilizasyon uygulanması gerekebilmektedir (Bica et al., 2016). Bu nedenle ayak parmağı kırıklarında kullanılan sabitleyici materyalin yalnızca kırık bölgesini koruması değil, aynı zamanda hastanın günlük yaşam aktivitelerini mümkün olduğunca az kısıtlaması da önemlidir.

Geleneksel alçı ve benzeri immobilizasyon yöntemleri kırık tedavisinde uzun yıllardır kullanılmasına rağmen, bu uygulamaların bazı pratik sınırlılıkları bulunmaktadır. Ağırlık, ciltte tahriş, terleme, hijyen sorunları, su ile temas kısıtlılığı, bası noktaları ve hastanın anatomisine tam uyum sağlayamama gibi problemler hasta konforunu ve tedaviye uyumu olumsuz etkileyebilir. Üç boyutlu baskı ile üretilen kişiye özel ortez ve sabitleyiciler ise anatomik uyum, hafiflik, havalanabilir tasarım, suya dayanıklılık ve estetik açıdan daha kabul edilebilir yapı gibi potansiyel avantajlar sunmaktadır (Chen et al., 2017; Graham et al., 2020). Nitekim distal radius kırıklarında kullanılan kişiye özel üç boyutlu baskı alçıların, uygun immobilizasyon sağlamanın yanında hasta konforu ve memnuniyeti açısından olumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Chen et al., 2017).

Üç boyutlu baskı teknolojilerinin ortopedik uygulamalardaki temel avantajlarından biri, tıbbi görüntüleme veya yüzey tarama verilerinden elde edilen anatomik modellere göre hastaya özgü tasarımların yapılabilmesidir. Bu yaklaşım, standart ölçülerle üretilmiş sabitleyiciler yerine bireyin kendi anatomisine uyumlu, temas yüzeyi ve destek bölgeleri daha kontrollü cihazların geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Ortopedik alanda üç boyutlu baskı; anatomik modeller, cerrahi planlama, hasta eğitimi, kişiye özel implantlar, ortezler ve sabitleyici cihazlar gibi farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Wong, Kumta, Geel, & Demol, 2016). Bununla birlikte, üç boyutlu baskı temelli sabitleyicilerin klinik kullanıma yaygın şekilde girebilmesi için üretim süresi, maliyet, malzeme seçimi, dayanıklılık, hasta

güvenliği ve klinik etkinlik gibi başlıkların daha fazla araştırılması gerekmektedir (Silva, Campilho, Silva, & Silva, 2022; Xiao et al., 2024).

Ayak bölgesi, yük taşıma, denge ve yürüme fonksiyonları açısından karmaşık biyomekanik özelliklere sahiptir. Bu nedenle ayak parmağı kırıklarında kullanılacak bir sabitleyicinin yalnızca kırık segmenti koruması yeterli değildir; aynı zamanda taban desteği, parmak pozisyonu, ayakkabı içinde kullanılabilirlik, esneklik ve uzun süreli giyilebilirlik gibi faktörler de dikkate alınmalıdır. Termoplastik poliüretan gibi esnek filamentler, bu tür uygulamalarda rijit plastiklere kıyasla daha yumuşak, esnek ve kullanıcı dostu tasarımlara olanak sağlayabilir. Polimer temelli eklemeli imalat yöntemlerinin ortez ve protez alanında giderek daha fazla kullanılması, kişiye özel ve fonksiyonel destek cihazlarının geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır (Sakib-Uz-Zaman & Khondoker, 2023).

Bu pilot çalışmada, gerçek hasta verisi kullanılmadan, açık erişimli ve ticari olmayan bir üç boyutlu ayak modeli üzerinden anatomik yapıya uyumlu esnek bir ayak parmağı sabitleyici ped tasarlanması amaçlanmıştır. Çalışma, mevcut alçı uygulamalarına doğrudan alternatif bir klinik tedavi protokolü sunmaktan ziyade, gelişen üç boyutlu modelleme ve baskı teknolojileri ile ayak parmağı kırıklarında kişiye özel, uzun süre giyilebilir ve düşük maliyetli sabitleyici pedlerin üretilebilirliğini göstermeyi hedeflemektedir. Bu yaklaşımın, ilerleyen çalışmalarda bilgisayarlı tomografi veya üç boyutlu yüzey tarama verileri kullanılarak gerçek hastalara özgü sabitleyici tasarımlarının geliştirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

TASARIM, ÜRETİM SÜRECİ VE ELDE EDİLEN PROTOTİP

Çalışma tasarımı

Bu çalışma, ayak parmağı kırıklarında kullanılabilecek anatomik uyumlu ve esnek bir sabitleyici ped tasarımının üç boyutlu modelleme ve üç boyutlu baskı teknolojileri ile üretilebilirliğini değerlendirmeye yönelik bir pilot tasarım çalışması olarak planlandı. Çalışmada gerçek hasta verisi, gönüllü verisi, radyolojik görüntüleme verisi veya kişisel sağlık verisi kullanılmadı. Bu nedenle çalışma, açık erişimli dijital bir ayak modeli üzerinden gerçekleştirilen teknik tasarım ve üretim çalışması niteliğindedir.

Üç boyutlu ayak modelinin seçimi

Çalışmada kullanılan temel ayak modeli, Sketchfab platformunda açık erişimli olarak yayımlanan “Feet” adlı üç boyutlu modelden elde edildi. Model, Mywollfy200 tarafından oluşturulmuş olup Creative Commons Attribution 4.0 International License — CC BY 4.0 lisansı ile paylaşılmıştır (Creative Commons, n.d.; Mywollfy200, n.d.). Bu lisans, uygun atıf verilmesi, lisans bağlantısının sunulması ve değişiklik yapıldıysa bunun belirtilmesi koşuluyla materyalin paylaşılmasına ve uyarlanmasına izin vermektedir.

Model seçimi sırasında ayak parmakları, plantar yüzey ve parmak-taban ilişkisi değerlendirildi. Model, anatomi uzmanı değerlendirmesiyle genel ayak morfolojisi ve sabitleyici ped tasarımına uygunluğu açısından çalışmanın amacıyla uyumlu bulundu. Bununla birlikte, modelin gerçek bir hastaya ait olmaması nedeniyle çalışma klinik etkinlik araştırması olarak değil, üretilebilirlik ve tasarım uygulanabilirliği çalışması olarak ele alındı.

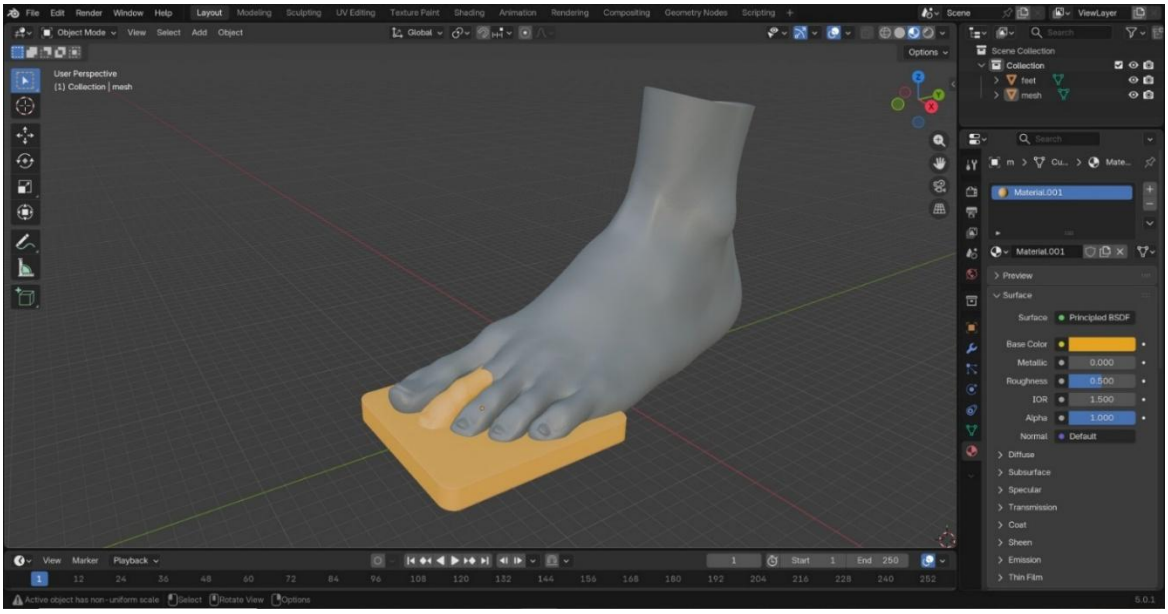
Dijital modelleme süreci

Üç boyutlu modelleme işlemleri Blender yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi (Blender Foundation, n.d.). Kullanılan ayak modeli Blender çalışma alanına aktarıldıktan sonra modelin parmak, taban ve destek yüzeyi ilişkisi değerlendirildi. Sabitleyici pedin tasarlanacağı bölge, ayak parmağı ve plantar temas alanı dikkate alınarak belirlendi.

Tasarım sürecinde, kırık olduğu varsayılan ayak parmağının çevresini destekleyecek ve parmağın istenmeyen hareketlerini sınırlandıracak bir sabitleme alanı oluşturuldu. Bu amaçla ilgili ayak parmağı çevresi ve ayak tabanında temas edecek destek bölgesi Blender ortamında maskelendi. Maskelenen

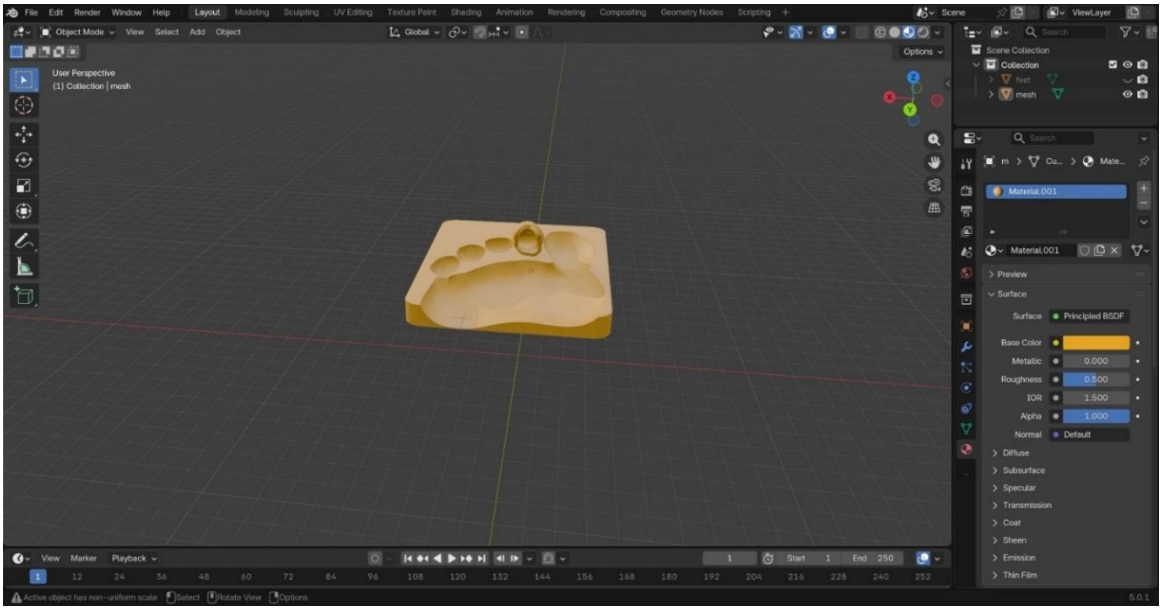
alanlar, anatomik ölçek korunacak şekilde üç boyutlu mesh modele dönüştürüldü. Pedin plantar yüzeye temas eden bölümü genişletilerek yalnızca parmağı çevreleyen sınırlı bir halka yapısı yerine, ayak tabanı ile ilişkili daha stabil ve giyilebilir bir destek formu elde edilmesi amaçlandı. Tasarımın ayak modeli üzerindeki genel yerleşimi şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Blender ortamında açık erişimli üç boyutlu ayak modeli üzerinde tasarlanan sabitleyici pedin genel görünümü.



Modelleme sırasında pedin kenarlarının keskin olmamasına, temas yüzeylerinin mümkün olduğunca yumuşatılmasına ve uzun süreli kullanımda bası oluşturabilecek çıkıntıların azaltılmasına dikkat edildi. Tasarım tamamlandıktan sonra model, Blender ortamında ön, yan ve plantar görünümlerden kontrol edildi. Sabitleyici pedin plantar yüzeye ve ayak parmağına uyumunu gösteren görünüm şekil 2'de sunulmuştur. Nihai mesh model, üç boyutlu baskıya uygun formatta dışa aktarıldı.

Şekil 2. Sabitleyici ped tasarımının plantar yüzeye ve ayak parmağına uyumunu gösteren Blender görünümü.



Sabitleyici ped tasarımı

Sabitleyici ped, ayak parmağı kırıklarında kişiye özel immobilizasyon yaklaşımının prototipi olarak tasarlandı. Tasarımda temel amaç, ilgili parmağın çevresel olarak desteklenmesi ve plantar yüzeyle birlikte daha stabil bir yapı oluşturulmasıydı. Bu nedenle ped, yalnızca parmak segmentini kapsayan dar bir yapı olarak değil, parmak ile ayak tabanı arasındaki anatomik ilişkiyi dikkate alan geniş tabanlı bir destek şeklinde planlandı.

Pedin tasarımında esneklik, giyilebilirlik, düşük maliyetli üretim ve anatomik uyum ön planda tutuldu. Geleneksel alçı uygulamalarından farklı olarak, bu tasarımın ayakkabı içine yerleştirilebilir, uzun süreli kullanıma daha uygun ve gerektiğinde hastanın anatomisine göre yeniden düzenlenebilir bir yapı sunması hedeflendi. Bu aşamada klinik kırık stabilizasyonu, yük taşıma kapasitesi, biyomekanik dayanıklılık testi veya hasta konfor analizi yapılmadı; çalışma yalnızca dijital tasarım ve üretim uygulanabilirliği ile sınırlandırıldı.

Üç boyutlu baskı süreci

Dijital ortamda tamamlanan sabitleyici ped modeli, esnek yapı elde etmek amacıyla Termoplastik poliüretan 95 (TPU95) filament kullanılarak üretildi. Baskı işlemi Bambu Lab X1E üç boyutlu yazıcı ile gerçekleştirildi. TPU95 filament tercih edilmesinin nedeni, rijit filamentlere kıyasla daha esnek, yumuşak ve vücut yüzeyine temas eden destek materyalleri için daha uygun bir yapı sunmasıdır.

Baskı işlemi 0.4 mm nozzle çapı, 0.2 mm katman yüksekliği, yaklaşık 220–230 °C nozzle sıcaklığı ve 50–60 °C tabla sıcaklığı ayarlarında gerçekleştirildi. Baskı sırasında model stabilitesini artırmak ve özellikle parmak çevresindeki yükseltilmiş destek alanlarının formunu korumak amacıyla gerekli bölgelerde destek yapıları kullanıldı.

Model yaklaşık 3 saat içinde üretildi. Destek yapıları ile birlikte toplam yaklaşık 180 g filament kullanıldı ve baskının tahmini malzeme maliyeti yaklaşık 130 TL olarak hesaplandı (Tablo 1). Baskı tamamlandıktan sonra destek yapıları uzaklaştırıldı. Elde edilen fiziksel prototip yüzey bütünlüğü, genel form, parmak destek alanı ve plantar yüzeyle anatomik uyumu açısından görsel olarak değerlendirildi. Üretilen fiziksel prototip şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3. TPU95 filament kullanılarak Bambu Lab X1E üç boyutlu yazıcıda üretilen ayak parmağı sabitleyici pedin fiziksel prototipi.

Tablo 1. Sabitleyici pedin üç boyutlu baskı parametreleri

Parametre	Değer
Yazıcı	Bambu Lab X1E
Filament	TPU95
Nozzle çapı	0.4 mm
Katman yüksekliği	0.2 mm
Nozzle sıcaklığı	Yaklaşık 220–230 °C
Tabla sıcaklığı	Yaklaşık 50–60 °C
Destek yapıları	Gerektiğinde kullanıldı
Baskı süresi	Yaklaşık 3 saat
Toplam filament kullanımı	Desteklerle birlikte yaklaşık 180 g
Tahmini malzeme maliyeti	Yaklaşık 130 TL

Etik durum

Bu çalışmada herhangi bir hasta, gönüllü veya klinik görüntüleme verisi kullanılmadı. Modelleme süreci, açık erişimli ve lisans koşulları belirtilmiş bir dijital ayak modeli üzerinden yürütüldü. Bu nedenle çalışma, insan katılımcı içermeyen ve kişisel sağlık verisi kullanılmayan bir teknik tasarım ve üretim çalışması olarak değerlendirildi.

Bununla birlikte, ileride gerçek hastalara ait bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme veya üç boyutlu yüzey tarama verileri kullanılarak yapılacak klinik çalışmalarda etik kurul onayı ve hasta bilgilendirilmiş onamı alınması gerektiği kabul edilmektedir.

Pilot çalışma kapsamı

Bu çalışma, kişiye özel ayak parmağı sabitleyici pedlerin üç boyutlu modelleme ve baskı teknolojileri ile üretilebilirliğini göstermek amacıyla hazırlanmış ön uygulama niteliğindedir. Çalışmada klinik hasta uygulaması, kırık iyileşmesi takibi, biyomekanik yüklenme testi, uzun süreli kullanım değerlendirmesi veya hasta memnuniyeti analizi yapılmadı. Bu nedenle elde edilen sonuçlar klinik etkinlik iddiası taşımamakta; yöntemin gelecekte gerçek hasta anatomisi üzerinden kişiselleştirilmiş sabitleyici tasarımlarına uyarlanabilirliğini göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu pilot tasarım çalışmasında, açık erişimli bir üç boyutlu ayak modeli kullanılarak ayak parmağı kırıklarında kullanılabilecek anatomik uyumlu ve esnek bir sabitleyici ped prototipi tasarlanmış ve TPU95 filament ile fiziksel olarak üretilebilmiştir. Elde edilen sonuç, gerçek hasta verisi kullanılmadan da üç boyutlu modelleme ve baskı teknolojileri aracılığıyla ayak anatomisine uyumlu, düşük maliyetli ve giyilebilir sabitleyici tasarımlarının geliştirilebileceğini göstermektedir. Çalışma, klinik etkinlik değerlendirmesi yapmaktan ziyade, böyle bir yaklaşımın tasarım ve üretim açısından uygulanabilirliğini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Ayak parmağı kırıklarında konservatif tedavi önemli bir yer tutmakta; stabil ve deplase olmayan kırıklarda komşu parmağa tespit, sert tabanlı ayakkabı veya çeşitli immobilizasyon yöntemleri kullanılabilmektedir (Bica, Sprouse, & Armen, 2016). Ancak geleneksel immobilizasyon yöntemleri her zaman hastanın anatomisine tam uyum sağlayamayabilir. Özellikle uzun süreli kullanımda ağırlık, terleme, hijyen sorunları, bası noktaları ve günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlanma gibi problemler hasta konforunu azaltabilir. Bu nedenle anatomik uyumu artırılmış, hafif, esnek ve gerektiğinde kişiye özel olarak üretilebilen sabitleyici cihazlar klinik açıdan önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Üç boyutlu baskı teknolojileri, ortopedik uygulamalarda kişiye özel implant, ortez, anatomik model ve sabitleyici cihazların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Wong, Kumta, Geel, & Demol, 2016).

Literatürde özellikle distal radius kırıkları ve üst ekstremite immobilizasyonuna yönelik üç boyutlu baskı ile üretilmiş alçı ve ortez çalışmalarında hasta konforu, hafiflik ve kişiselleştirilebilirlik gibi avantajlar vurgulanmıştır (Chen et al., 2017; Graham et al., 2020; Xiao, Xu, Liao, & Li, 2024). Bununla uyumlu olarak, üç boyutlu baskı ortezlerin geleneksel ortezlerle karşılaştırıldığında biyomekanik ve kinematik parametreler açısından benzer veya daha iyi sonuçlar gösterebildiği, ayrıca hasta memnuniyeti ve konfor açısından olumlu sonuçlar sunduğu bildirilmiştir (Choo, Boudier-Revéret, & Chang, 2020). Ayak ve ayak bileği ortezleri açısından da eklemeli imalat yöntemlerinin kişiye özel üretim için önemli fırsatlar sunduğu, ancak malzeme seçimi, mekanik dayanıklılık, klinik etkinlik ve uzun süreli kullanım performansı gibi konuların ayrıntılı olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Silva, Campilho, Silva, & Silva, 2022).

Kişiye özel ayak ortezi tasarımında temel aşamalardan biri, bireye ait ayak geometrisinin doğru elde edilmesi ve bu geometrinin bilgisayar destekli tasarım ortamında işlenmesidir. Dal Maso ve Cosmi (2019), fotogrametri ile elde edilen ayak geometrisinin bilgisayar ortamında işlenerek kişiye özel üç boyutlu baskı ayak-ayak bileği ortezi tasarımında kullanılabileceğini bildirmiştir. Bu yaklaşım, mevcut çalışmada açık erişimli ayak modeli üzerinden uygulanan dijital modelleme sürecinin ileride gerçek hasta anatomisine uyarlanabilir olduğunu desteklemektedir. Ancak bizim çalışmamızda gerçek hasta taraması veya klinik görüntüleme verisi kullanılmadığından, elde edilen prototip kişiye özel üretim basamağının yalnızca yöntemsel bir ön uygulaması olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada geliştirilen prototipin temel farkı, sabitleyici yapının yalnızca parmak çevresinde sınırlı bir destek olarak değil, ayak tabanı ile ilişkili daha geniş bir plantar temas yüzeyi içerecek şekilde tasarlanmış olmasıdır. Bu yaklaşımın, parmak segmentinin stabilizasyonuna ek olarak pedin ayakla temasını artırarak giyilebilirliği destekleyebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu çıkarım yalnızca tasarımsal bir değerlendirmeye dayanmaktadır. Prototipin gerçek yüklenme altında deformasyon davranışı, ayakkabı içinde kullanılabilirliği, bası oluşturma riski ve kırık stabilizasyonuna katkısı bu çalışma kapsamında test edilmemiştir.

TPU95 filament kullanılması, prototipin rijit plastik materyallere kıyasla daha esnek bir yapıda üretilmesine olanak sağlamıştır. Esnek ve elastomerik materyallerin sağlık alanındaki önemi, bu materyallerin bazı yumuşak dokulara benzer mekanik özellikler gösterebilmesi ve kişiye özel medikal cihazlarda kullanılabilme potansiyeli ile ilişkilidir (Duran, Moro, Zhang, & Islam, 2023). Bununla birlikte, esnek materyallerin üç boyutlu baskı ile medikal cihaz üretiminde yaygınlaşması hâlen baskı kalitesi, malzeme davranışı, mekanik dayanıklılık ve üretim standardizasyonu gibi zorluklar içermektedir (Duran et al., 2023). Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda farklı Shore sertlik değerlerine sahip materyallerin karşılaştırılması, taban kalınlığı ve parmak çevresi destek yüksekliğinin optimize edilmesi, ayrıca baskı doluluk oranı ve duvar kalınlığı gibi parametrelerin mekanik özelliklere etkisinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın en önemli sınırlılığı, gerçek hasta anatomisi ve klinik kırık verisi kullanılmamış olmasıdır. Kullanılan model açık erişimli dijital bir ayak modelidir ve gerçek bir hastaya ait deformite, ödem, kırık hattı, yumuşak doku değişikliği veya bireysel anatomik varyasyonları yansıtmamaktadır. Ayrıca çalışma kapsamında biyomekanik test, yük taşıma analizi, hasta memnuniyeti değerlendirmesi, uzun süreli kullanım gözlemi veya klinik iyileşme takibi yapılmamıştır. Bu nedenle elde edilen prototip, doğrudan klinik kullanıma hazır bir medikal ürün olarak değil, yöntemin uygulanabilirliğini gösteren ön tasarım ürünü olarak değerlendirilmelidir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme veya üç boyutlu yüzey tarama verileri kullanılarak gerçek hastalara özgü modeller oluşturulabilir. Bu modeller üzerinden kırık lokalizasyonuna, parmak dizilimine, plantar temas yüzeyine ve ayakkabı içi kullanım gereksinimlerine göre kişiselleştirilmiş sabitleyici pedler tasarlanabilir. Ayrıca farklı materyallerin mekanik dayanıklılık, esneklik, konfor, hijyen, maliyet ve üretim süresi açısından karşılaştırılması, yöntemin klinik uygulanabilirliğini daha güçlü şekilde ortaya koyacaktır.

Sonuç olarak, bu pilot çalışma açık erişimli bir üç boyutlu ayak modeli üzerinden ayak parmağı kırıklarında kullanılabilecek anatomik uyumlu, esnek ve düşük maliyetli bir sabitleyici ped prototipinin tasarlanıp üretilebileceğini göstermektedir. Çalışma, geleneksel alçı uygulamalarının yerine doğrudan kullanılabilecek bir klinik ürün önermekten ziyade, üç boyutlu modelleme ve baskı teknolojilerinin

kişiye özel ayak parmağı sabitleyici tasarımlarında kullanılabilirliğine yönelik bir ön uygulama sunmaktadır. Klinik verilerle desteklenecek ileri çalışmalar, bu yaklaşımın gerçek hasta anatomisine uyarlanabilirliğini ve tedavi sürecindeki potansiyel katkısını değerlendirmek açısından gereklidir.

KAYNAKLAR

Bica, D., Sprouse, R. A., & Armen, J. (2016). Diagnosis and management of common foot fractures. *American Family Physician, 93*(3), 183–191.

Blender Foundation. (n.d.). *Blender* [Computer software]. Amsterdam, Netherlands: Blender Foundation.

Chen, Y. J., Lin, H., Zhang, X., Huang, W., Shi, L., & Wang, D. (2017). Application of 3D-printed and patient-specific cast for the treatment of distal radius fractures: Initial experience. *3D Printing in Medicine, 3*, 11. https://doi.org/10.1186/s41205-017-0019-y

Choo, Y. J., Boudier-Revéret, M., & Chang, M. C. (2020). 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: Narrative review. *Annals of Palliative Medicine, 9*(6), 4262–4270. https://doi.org/10.21037/apm-20-1185

Creative Commons. (n.d.). *Attribution 4.0 International — CC BY 4.0*. Retrieved from http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Dal Maso, A., & Cosmi, F. (2019). 3D-printed ankle-foot orthosis: A design method. *Materials Today: Proceedings, 12*, 252–261. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.03.122

Duran, M. M., Moro, G., Zhang, Y., & Islam, A. (2023). 3D printing of silicone and polyurethane elastomers for medical device application: A review. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering, 7*, 100125. https://doi.org/10.1016/j.aime.2023.100125

Graham, J., Wang, M., Frizzell, K., Watkins, C., Beredjiklian, P. K., & Rivlin, M. (2020). Conventional vs 3-dimensional printed cast wear comfort. *HAND, 15*(3), 388–392. https://doi.org/10.1177/1558944718795291

Mywollfy200. (n.d.). *Feet* [3D model]. Sketchfab. Retrieved from https://skfb.ly/oXYpB

Sakib-Uz-Zaman, C., & Khondoker, M. A. H. (2023). Polymer-based additive manufacturing for orthotic and prosthetic devices: Industry outlook in Canada. *Polymers, 15*(6), 1506. https://doi.org/10.3390/polym15061506

Silva, R., Veloso, A., Alves, N., Fernandes, C., & Morouço, P. (2022). A review of additive manufacturing studies for producing customized ankle-foot orthoses. *Bioengineering, 9*(6), 249. https://doi.org/10.3390/bioengineering9060249

Wong K. C. (2016). 3D-printed patient-specific applications in orthopedics. *Orthopedic research and reviews, 8*, 57–66. https://doi.org/10.2147/ORR.S99614

Xiao, Y. P., Xu, H. J., Liao, W., & Li, Z. H. (2024). Clinical application of instant 3D printed cast versus polymer orthosis in the treatment of Colles fracture: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders, 25*, 104. https://doi.org/10.1186/s12891-024-07212-8

PERİFERAL DEV HÜCRELİ GRANÜLOM: VAKA SUNUMU PERİPHERAL GİANT CELL GRANULOMA: A CASE REPORT

***Baran UÇAR*[1]**

Arş. Görevlisi, Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Adıyaman,Türkiye,

ORCID ID: https://orcid.org/ 0009-0006-5881-3292

***Ayşegül ÖNDEŞ*[2]**

Arş. Görevlisi, Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Adıyaman,Türkiye,

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-7192-3042

***Anzel Toprak BİŞKİN*[3]**

Arş. Görevlisi, Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Adıyaman,Türkiye,

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-1373-8977

***Esin AKOL GÖRGÜN*[4]**

Dr. Öğretim Üyesi, Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Adıyaman,Türkiye,

ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-6711-7188

ÖZET

Giriş ve Amaç: Periferal Dev Hücreli Granülom (PDHG), oral kavitede gingiva veya alveolar mukoza üzerinde lokalize, neoplastik olmayan ancak agresif seyir gösterebilen reaktif bir lezyondur. Genellikle periodontal ligament veya periosttan kaynaklanan bir doku yanıtı olarak kabul edilir. Bu olgu sunumunun amacı, hafif kemik rezorpsiyonu eşlik eden bir PDHG vakasının klinik ve radyolojik bulgularını incelemek ve tedavi yaklaşımlarını literatür eşliğinde tartışmaktır.

Vaka Raporu: 52 yaşındaki kadın hastanın, sağ alt çene molar bölgesinde var olan yumuşak doku kitlesi şikayetiyle kliniğimize başvurmuştur. Yapılan ağız içi muayenede, sağ mandibular birinci molar dişin marjinal diş etinden köken alan, yaklaşık 2×1.5 cm boyutlarında, lobüle yüzeyli, koyu morumsu-kırmızı renkli ve saplı bir ekzofitik kitle saptanmıştır. Lezyonun palpasyonda yumuşak kıvamlı olduğu ve travma ile kolayca kanadığı gözlenmiştir. Radyolojik tetkiklerde, lezyonun bulunduğu bölgedeki dişlerde hafif migrasyon (yer değiştirme) ve alveolar kret tepesinde yüzeysel kemik rezorpsiyonu izlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç: PDHG, klinik görünümü itibarıyla pyojenik granülom ve periferal ossifiye fibrom gibi diğer gingival büyümelerle benzerlik gösterse de, ayırıcı tanıda kemik tutulumu ve renk karakteristiği ile ayrılır. Kesin tanı, çok çekirdekli dev hücrelerin damardan zengin bir stroma içinde izlendiği histopatolojik inceleme ile konulmaktadır. Tedavide sadece lezyonun cerrahi eksizyonu yeterli olmayıp, nüksü önlemek için lezyon tabanının (periost dahil) derin küretajı ve mevcut lokal irritanların eliminasyonu esastır. Bu vakada uygulanan cerrahi protokol sonrası hastanın periyodik takibi nüks riskini minimize etmek adına büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Periferal dev hücreli granülom, mandibula, oral mukoza, gingival lezyonlar.

ABSTRACT

Introduction and Objective: Peripheral Giant Cell Granuloma (PGCG) is a non-neoplastic but potentially aggressive reactive lesion localized on the gingiva or alveolar mucosa of the oral cavity. It is generally considered a tissue response originating from the periodontal ligament or periosteum. The objective of this case report is to examine the clinical and radiological findings of a PGCG case accompanied by mild bone resorption and to discuss treatment approaches in light of the literature.

Case Report: A 52-year-old female patient presented to our clinic complaining of a soft tissue mass in the right mandibular molar region. Intraoral examination revealed an exophytic, pedunculated mass, approximately 2×1.5 cm in size, with a lobulated surface and dark purplish-red color, originating from the marginal gingiva of the right mandibular first molar. Upon palpation, the lesion was soft in consistency and bled easily with trauma. Radiological examinations showed slight migration of the teeth in the affected area and superficial bone resorption at the crest of the alveolar ridge.

Discussion and Conclusion: Although PGCG resembles other gingival enlargements such as pyogenic granuloma and peripheral ossifying fibroma in clinical appearance, it is distinguished in the differential diagnosis by its bone involvement and color characteristics. A definitive diagnosis is established through histopathological examination, where multinucleated giant cells are observed within a richly vascularized stroma. In treatment, surgical excision of the lesion alone is insufficient; deep curettage of the lesion base (including the periosteum) and the elimination of existing local irritants are essential to prevent recurrence. Following the surgical protocol applied in this case, periodic follow-up of the patient is of great importance to minimize the risk of recurrence.

Keywords: Peripheral giant cell granuloma, mandible, oral mucosa, gingival lesions.

GİRİŞ

Kronik travma ya da lokal irritanların tetiklediği periferal dev hücreli granülom (PDHG); kökenini periost veya periodontal ligamentten alan, ağız boşluğunun reaktif karakterdeki hiperplastik yumuşak doku büyümelerinden biridir (1).Genellikle diş eti veya alveolar mukoza üzerinde sınırları belirgin bir kitle olarak görünür. Bu patoloji, gerçek bir tümöral oluşumdan ziyade, çevre dokularda meydana gelen kronik lokal iritasyonlara veya tekrarlayan mikro travmalara karşı vücudun verdiği aşırı ve kontrolsüz bir proliferatif yanıt olarak kabul edilir (2,3).

Lezyonun gelişimini tetikleyen ve patogenezini başlatan etiyolojik faktörlerin başında dental plak ve subgingival kalkulus birikimi, hatalı veya taşkın yapılmış restorasyon kenarları, uyumsuz kron-köprü protezleri ve kronik travmaya yol açan dental ekstraksiyon soketleri gelmektedir (4).

Klinik olarak PDHG; iyi sınırlı, kapsülsüz, saplı ya da sapsız morfoloji gösteren, koyu kırmızı renkli, ağrısız fakat kolay kanayan küçük lezyonlardır (5).

Literatürdeki geniş ölçekli epidemiyolojik çalışmalar ve vaka serileri incelendiğinde, bu lezyonun her yaş grubunda görülebileceği, ancak özellikle 5. ve 6. dekatlarda pik yaptığı bildirilmekle birlikte, cinsiyet dağılımı açısından kadınlarda daha sık görülmektedir (6).Anatomik lokalizasyon olarak lezyon hem mandibulada hem de maksillada gelişebilir; ancak vakaların büyük bir çoğunluğu mandibulada gözlenir (7).

PDHG esasen tamamen yumuşak doku kaynaklı bir patoloji olsa da, zamanla büyüdükçe çevre mukozayı ve hemen altındaki sert dokuları etkileyebilir. Uzun süre ihmal edilen veya biyolojik olarak daha agresif seyreden büyük boyutlu vakalarda, komşu dişlerde mobiliteye, dişlerin dizilimde sapmalara veya yer değiştirmelere yol açabildiği bilinmektedir. Ayrıca, lezyon kitlesinin hemen altındaki alveolar kemik korteksine sürekli bir mekanik baskı uygulaması sonucunda, radyografilerde dikey ya da litik bir kemik yıkımından ziyade, kemik yüzeyinde "çanaklaşma" (saucerization) olarak adlandırılan, net sınırlı ve yüzeysel bir kemik rezorpsiyon alanı izlenebilir (2).

Klinik ve radyografik bulgular ne kadar yönlendirici olursa olsun, kesin tanı her zaman histopatolojik inceleme sonucunda konur (8). Mikroskobik kesitlerde;yoğun kan hücresi ve bağ dokusu elemanları arasında düzensiz şekilde dağılmış, çok çekirdekli osteoklast benzeri dev hücrelerin görülmesi tanı

koydurucudur (9). Ayırıcı tanıda pyojenik granülom, periferik osifiye fibrom ve kahverengi tümör (hiperparatiroidizm) gibi patolojiler de mutlaka dışlanmalıdır (10).

Tedavi yaklaşımında altın standart, nükslerin önlenmesi amacıyla lezyonun altındaki periost tabakası ve ilişkili olduğu periodontal ligament lifleriyle birlikte cerrahi olarak tamamen eksize edilmesidir (7). Eğer lezyon komşu dişlerin periodontal aralığına sızmışsa, o dişlerin dikkatlice kök yüzeyi düzleştirmesi yapılmalıdır. Cerrahi işleme ek olarak, başta mikrobiyal dental plak ve diş taşı temizliği olmak üzere etiyolojide rol oynayan tüm lokal iritanların tamamen ortadan kaldırılması, uzun dönemde tedavi başarısının ve düşük nüks oranlarının temel anahtarıdır.

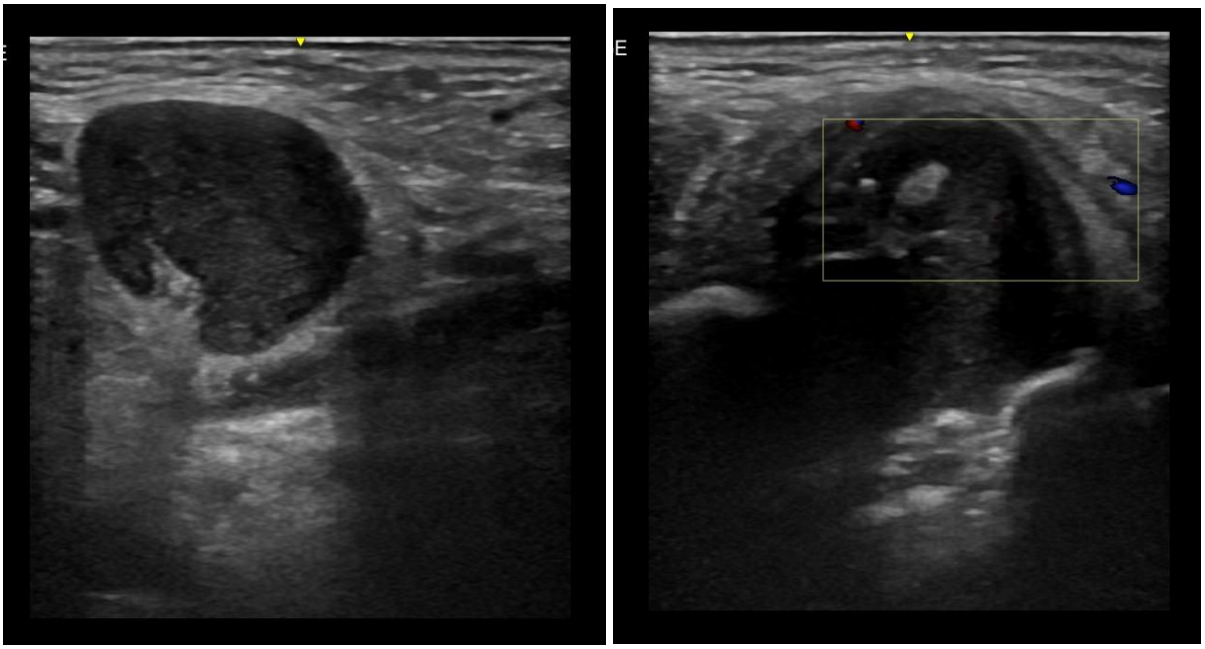
VAKA RAPORU

52 yaşındaki kadın hasta, Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı kliniğimize sağ alt molar bölgede diş etinde meydana gelen büyüme, çiğneme esnasında ağrı ve spontan kanama şikayetleriyle başvurmuştur.

Yapılan intraoral muayenede; sağ alt molar bölgede, alveolar kret ve marjinal gingiva ile ilişkili, yaklaşık 1.5×2 cm boyutlarında, geniş tabanlı (sesil) yerleşim gösteren ekzofitik bir kitle tespit edilmiştir. Lezyonun yüzeyinin lobüle yapıda olduğu, renginin koyu kırmızıdan mora çaldığı ve en ufak bir mekanik irritasyonda kolayca kanama eğilimi gösterdiği (frajil yapı) izlenmiştir. Bölgedeki zayıf oral hijyen, yoğun dental kalkulus ve kronik periodontal inflamasyon varlığı, lezyonun reaktif doğasını destekler niteliktedir (Şekil 1). Panoramik radyografta; sağ mandibula molar bölgede, periferik dev hücreli granülomun alveoler krette yol açtığı tipik çanaklaşma tarzındaki (saucerization) kemik rezorbsiyonu ve yüzeyel radyolusent defekt alanı izlenmektedir (Şekil 2). Lezyonun ultrason görüntülemesinde, 2,03x1,70x2,02 cm ebatlarında anekoik solid kitle izlenmiş olup, lezyonun derin kemik içi invazyon göstermediği teyit edilmiştir (Şekil 3,4,5).

Şekil 1: Sağ alt molar bölge vestibül diş etinden köken alan, üzerinde lokal ülserasyon ve eritem alanları barındıran periferal dev hücreli granülomun preoperatif klinik görünümü

Şekil 2: Panoramik radyografta; sağ mandibula molar bölgede, periferik dev hücreli granülomun alveoler krette yol açtığı tipik çanaklaşma tarzındaki (saucerization) kemik rezorbsiyonu ve yüzeyel radyolusent defekt alanı izlenmektedir.



Şekil 3-4: Lezyonun ultrason görüntülemesinde, 2,03x1,70x2,02 cm ebatlarında anekoik solid kitle izlenmiştir.

Şekil 5: Alttaki alveolar kemik korteksinin ultrasonografik değerlendirmesinde lezyonun derin kemik içi invazyon göstermediği teyit edilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Sunulan bu olgu; 52 yaşında bir kadın hastada ve sağ mandibular posterior bölgede lokalize olması yönüyle, literatürde PDHG için bildirilen klasik demografik ve anatomik pik verileriyle (yaşamın 5. ve 6. dekatları, kadın baskınlığı ve mandibular posterior yerleşim) tam bir uyum sergilemektedir (6). Benzer şekilde, klinik muayenede kaydedilen lobüle yüzeyli koyu kırmızı-mor ekzofitik kitle morfolojisi ve en ufak bir mekanik irritasyonda gözlenen frajil kanama odağı, lokal irritanların tetiklediği bu reaktif doku reaksiyonunun vasküler karakterini sahada doğrulamaktadır. Hastanın panoramik radyografisinde izlenen çanaklaşma tarzındaki yüzeysel kemik rezorpsiyonu ise, lezyonun klinik süresine ve alttaki sert dokuya uyguladığı kronik mekanik basıya bağlı olarak literatürde tanımlanan "saucerization" fenomeniyle birebir örtüşmektedir (2).

Bu vakanın literatürdeki birçok PDHG sunumundan ayrılan ve tanısal sürece katkı sağlayan en özgün yönü, pre-operatif planlamaya ultrasonografi (USG) tetkikinin dahil edilmiş olmasıdır. İki boyutlu konvansiyonel radyografiler süperpoziyonlar nedeniyle kemik yüzeyindeki çanaklaşmanın derinliğini net olarak ayırt edemezken; B-mod ultrasonografide lezyonun düzgün sınırlı, homojen anekoik solid yapı göstermesi ve Power Doppler modunda intra-lezyonel mikrovasküler akım sinyallerinin haritalanması, histopatolojideki yoğun hücresel ve vasküler stromayı cerrahi öncesinde klinik olarak doğrulamıştır. En kritik tanısal veri ise, alttaki alveolar kemik korteksinin ultrasonografik kesitinde akustik gölgelenme veren hiperekoik kemik hattının bütünlüğünü tamamen koruduğunun izlenmesidir. Bu ultrasonografik bulgu, lezyonun kemik korteksini harap eden agresif bir santral dev hücreli granülom veya malign bir tümör olmadığını göstermiştir. Radikal rezeksiyonlar yerine sadece lezyon tabanını ve yüzeyel kortikal düzleştirmeyi hedefleyen konservatif bir cerrahi tedavinin yeterli olduğunu göstermiştir.

Klinik ve radyografik olarak pyojenik granülom, periferik osifiye fibrom veya hiperparatiroidizmin kahverengi tümörü gibi ekzofitik lezyonlarla karıştırılabilen PDHG'de kesin tanı histopatolojik

incelemeyle konulsa da, ön teşhis ve ayırıcı tanı aşamasında bu objektif verilerin pre-operatif olarak bilinmesi klinik başarıyı doğrudan etkilemektedir.

Sonuç olarak; ağız içi ekzofitik yumuşak doku büyümelerinde yüksek frekanslı yapısını, derinlik sınırlarını ve alttaki kemik korteksiyle olan ilişkisini iyonize radyasyon riski olmaksızın gerçek zamanlı ortaya koyan değerli bir yardımcı tanı aracıdır. Patolojinin nihai tedavisinde ve nükslerin önlenmesinde ise, lezyonun tabanındaki periost tabakası ve periodontal ligament lifleriyle birlikte cerrahi olarak tamamen eksize edilmesi, ilişkili dişlerin kök yüzeylerinin düzleştirilmesi ve etiyolojide rol oynayan subgingival kalkulus gibi tüm lokal irritanların kombine bir periodontal tedaviyle tamamen ortadan kaldırılması klinik başarının temel anahtarıdır. Bu hastada da 45-46 numaralı dişler mobil olduğu için çekilmiş ve cerrahi alan eksize edilmiştir.

Hastanın post-operatif dönemde ağız hijyeni motivasyonunun sağlanması, uzun dönemli başarı için en az cerrahi işlem kadar kritiktir.

REFERANSLAR

1. Sahoo NK, Mowar A, Dubey P, Maheshwari I. An Audit of Histopathological Pattern of Peripheral Giant Cell Granuloma - A Retrospective Study. Ann Maxillofac Surg. 2024;14(1):62. doi:10.4103/AMS.AMS_20_24 PubMed PMID: 39184407.

2. Tandon PN, Gupta SK, Gupta DS, Jurel SK, Saraswat A. Peripheral giant cell granuloma. Contemp Clin Dent. 2012 Apr 1;3(Suppl1):S118. doi:10.4103/0976-237X.95121 PubMed PMID: 22629051.

3. Shadman N, Ebrahimi SF, Jafari S, Eslami M. Peripheral Giant Cell Granuloma: A Review of 123 Cases. Dent Res J (Isfahan). 2009;6(1):47. PubMed PMID: 21528029.

4. Kadeh H, Saravani S, Tajik M. Reactive Hyperplastic Lesions of the Oral Cavity. Iran J Otorhinolaryngol. 2015;27(79):137. PubMed PMID: 25938085.

5. Sağlık U, Dergisi B, Sunumu O, Report C, Çelebi Bektaş A, Gülsün B. Periferal Dev Hücreli Granülom: 5 Olgu Sunumu Peripheral Giant Cell Granuloma: 5 Case Reports [Internet]. doi:10.47327/unikasaglik.12

6. Sharma N, Rana S, Jetley S. Peripheral giant cell granuloma of maxilla. J Indian Soc Periodontol. 2021 Jan 1;26(1):75. doi:10.4103/JISP.JISP_624_20 PubMed PMID: 35136321.

7. Motamedi MHK, Eshghyar N, Jafari SM, Lassemi E, Navi F, Abbas FM, et al. Peripheral and central giant cell granulomas of the jaws: A demographic study. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2007 Jun 1;103(6):e39–43. doi:10.1016/j.tripleo.2006.12.022 PubMed PMID: 17428697.

8. Diş U, Dergisi HB, Gülcan1 H, Cenk Durmuşlar M, Ertem E, Gülcan H, et al. Olgu Sunumu Case Report Periferal Dev Hücreli Granülom: Olgu Sunumu Peripheral Giant Cell Granuloma: Case Report.

9. Scotto di Carlo F, Whyte MP, Gianfrancesco F. The two faces of giant cell tumor of bone. Cancer Lett. 2020 Oct 1;489:1–8. doi:10.1016/J.CANLET.2020.05.031 PubMed PMID: 32502498.

10. Baesso RCP, De Lima Jacy Monteiro Barki MC, De Souza Azevedo R, Da Costa Fontes KBF, Pereira DL, Tucci R, et al. Peripheral giant cell granuloma associated with a dental implant. BMC Oral Health. 2019 Dec 16;19(1):283. doi:10.1186/S12903-019-0983-2 PubMed PMID: 31842866.

IS YOUR CAT DIABETIC OR ACROMEGALIC? A BIOCHEMICAL DIAGNOSTIC APPROACH

Prof. Dr. Nazlı ERCAN

Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Veterinary, Department of Biochemistry, Sivas, Türkiye.

ABSTRACT

Feline hypersomatotropism and acromegaly were long considered rare disorders; however, recent studies have demonstrated that they are more common, particularly in cats with insulin-resistant diabetes mellitus. The disease develops secondary to growth hormone (GH)-secreting pituitary adenomas and results in increased insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations. Chronic GH and IGF-1 excess is associated with cardiometabolic disorders, insulin resistance, chronic kidney disease, hypertrophic cardiomyopathy, and characteristic acromegalic phenotypic changes. Recent evidence has also shown that hypersomatotropism may occur not only in diabetic cats but also in non-diabetic and obese cats. Measurement of IGF-1 concentrations together with advanced imaging techniques plays an important role in diagnosis. The prevalence of hypersomatotropism in diabetic cats has been reported to range between 16% and 30% in different countries. Causal treatment approaches such as hypophysectomy, radiotherapy, and cabergoline have been associated with improved quality of life and prolonged survival time, whereas cats treated only with insulin showed shorter survival times. In conclusion, acromegaly and hypersomatotropism should be considered among the differential diagnoses in all cats presenting with insulin resistance or clinical signs compatible with acromegaly.

Keywords: Acromegaly, cat, diabetes mellitus, IGF-1, growth hormone.

ÖZET

Kedilerde hipersomatotropizm ve akromegali, uzun yıllar nadir görülen hastalıklar olarak değerlendirilmiş olsa da son çalışmalar özellikle insülin dirençli diyabetes mellitus olgularında daha yaygın olduğunu göstermektedir. Hastalık, büyüme hormonu (GH) salgılayan hipofiz adenomlarına bağlı gelişmekte ve insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1) düzeylerinde artışa neden olmaktadır. Sürekli GH ve IGF-1 fazlalığı; kardiyometabolik bozukluklar, insülin direnci, kronik böbrek hastalığı, hipertrofik kardiyomiyopati ve akromegaliye özgü fenotipik değişikliklerle ilişkilidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, hipersomatotropizmin yalnızca diyabetik kedilerde değil, diyabetik olmayan ve obez kedilerde de görülebileceğini ortaya koymuştur. IGF-1 ölçümünün ve ileri görüntüleme yöntemlerinin tanıda önemli olduğu bildirilmektedir. Diyabetik kedilerde hipersomatotropizm prevalansının farklı ülkelerde %16–30 arasında değiştiği belirtilmektedir. Hipofizektomi, radyoterapi ve kabergolin gibi nedene yönelik tedavilerin yaşam kalitesi ve yaşam süresi üzerinde olumlu etkileri olduğu, yalnızca insülin tedavisi uygulanan kedilerde ise yaşam süresinin daha kısa olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, akromegali ve hipersomatotropizmin özellikle insülin direnci bulunan veya akromegali ile uyumlu klinik belirtiler gösteren tüm kedilerde ayırıcı tanılar arasında değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akromegali kedi, diyabetes mellitus, IGF-1, büyüme hormonu

INTRODUCTION

Acromegaly is a chronic progressive endocrine disease characterized by excessive secretion of growth hormone (GH) from somatotroph cells of the anterior pituitary gland. Excess GH stimulates hepatic synthesis of insulin-like growth factor-1 (IGF-1), and dysregulation of the GH/IGF-1 axis leads to numerous metabolic and structural alterations in the body (Fleseriu et al., 2022; Lopes-Pinto et al., 2024).

Although hypersomatotropism and acromegaly in cats were considered rare diseases for many years, recent studies have shown that they are more common than previously recognized, particularly in diabetic cats with insulin resistance. The first feline acromegaly case was reported in 1976, and current studies indicate that hypersomatotropism may be present in a significant proportion of insulin-resistant diabetic cats (Gembardt and Loppnow, 1976; Mahmoudzadeh et al., 2024). Furthermore, studies conducted in the United Kingdom reported that hypersomatotropism affects approximately 1 in every 800 cats and may therefore be more prevalent than in humans (Niessen et al., 2007).

Measurement of serum IGF-1 concentrations is considered an important biochemical approach in the diagnosis of acromegaly. In particular, elevated IGF-1 concentrations are strongly associated with hypersomatotropism and pituitary adenomas. However, in some cases, the absence of detectable pituitary masses on imaging modalities indicates that diagnosis should not rely solely on imaging findings. Therefore, the combined evaluation of clinical findings, biochemical tests, and advanced imaging techniques improves diagnostic accuracy (Niessen et al., 2007; Kennedy et al., 2025).

The aim of this review is to evaluate the literature regarding the pathophysiology of acromegaly in cats, the diagnostic importance of GH and IGF-1, the relationship between acromegaly, diabetes mellitus, and insulin resistance, as well as current diagnostic and therapeutic approaches.

ACROMEGALY AND ITS PATHOPHYSIOLOGY

Growth hormone–secreting pituitary adenomas responsible for acromegaly typically develop from the monoclonal proliferation of differentiated somatotroph cells and are most often sporadic. While these tumors are generally considered benign, they can display locally aggressive behavior and may continue to enlarge even after therapeutic intervention. Chronic overproduction of growth hormone together with elevated insulin-like growth factor-1 (IGF-1) contributes to numerous systemic complications, including cardiovascular, respiratory, metabolic, musculoskeletal, neurological, and neoplastic disorders, many of which may become irreversible despite successful management of the disease (Fleseriu et al., 2022).

Acromegaly is an endocrine disorder characterized by chronic overproduction of growth hormone (GH) and increased circulating insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations. Excessive GH/IGF-1 activity commonly causes enlargement of acral structures and craniofacial tissues together with various cardiometabolic abnormalities, although the clinical manifestations and phenotypic features differ between species (Lopes-Pinto et al., 2024).

PREVALENCE IN CATS

The first report of feline acromegaly was published in 1976 (Gembardt and Loppnow, 1976). Acromegaly is believed to be present in up to 30% of insulin-resistant diabetic cats. Although feline acromegaly was previously considered a rare disease, recent studies increasingly suggest that acromegaly may be one of the causes of insulin resistance in diabetic cats. Therefore, acromegaly should be considered and investigated in diabetic cats with insulin resistance (Mahmoudzadeh et al., 2024). Hypersomatotropism is estimated to affect approximately 1 in every 800 cats in the United Kingdom and is therefore considered nearly 10 times more common than in humans (Niessen et al., 2007).

DIAGNOSTIC IMPORTANCE OF GH AND IGF-1 IN CATS

In a study investigating circulating insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations in non-diabetic cats with chronic kidney disease (CKD), as well as the association between IGF-1 levels and renal function parameters, 154 cats with CKD and 50 clinically healthy cats were evaluated. The median serum IGF-1 concentration in cats with CKD was reported as 500 ng/mL, with values ranging from 34 to 1593 ng/mL. Average IGF-1 concentrations according to IRIS stages 1 through 4 were 230, 473, 597, and 569 ng/mL, respectively. In contrast, none of the healthy control cats exhibited IGF-1 values exceeding 1000 ng/mL. A weak but significant positive correlation was observed between serum IGF-1 and creatinine concentrations in cats with CKD ($r = 0.22$, $P = 0.005$). Elevated IGF-1 concentrations

above 1000 ng/mL, suggestive of hypersomatotropism, were identified in 5.8% of CKD cats, and computed tomography revealed pituitary enlargement in three of four cats examined in this subgroup. Furthermore, 11.6% of the cats had intermediate or "gray-zone" IGF-1 concentrations ranging between 800 and 1000 ng/mL. These findings indicate that a subset of non-diabetic cats with CKD may show IGF-1 profiles consistent with hypersomatotropism, and that serum IGF-1 concentrations tend to rise as renal disease advances (Amunategui et al., 2025).

A study conducted in the United Kingdom investigated the presence of acromegaly in diabetic cats by screening basal serum insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and feline growth hormone (fGH) concentrations. Cats showing substantially increased IGF-1 values were advised to undergo intracranial computed tomography (CT), while some animals were evaluated further using additional imaging techniques. Among 184 diabetic cats with varying degrees of glycemic control, 59 cats exhibited markedly elevated IGF-1 concentrations above 1000 ng/mL, compared with the reference interval of 208–443 ng/mL. Follow-up diagnostic assessments confirmed acromegaly in 17 of the 18 cats examined in detail. Interestingly, several affected cats did not demonstrate detectable pituitary mass lesions on either CT or magnetic resonance imaging (MRI). Hypertension was not recognized as a common complication in these cases, whereas respiratory stridor appeared more frequently than previously described. The findings indicated that measurement of IGF-1, GH, or a combination of both hormones can provide valuable support in the diagnosis of feline acromegaly (Niessen et al., 2007).

The diabetogenic effects of GH resulting in insulin resistance and associated alterations in IGF-1 are associated with metabolic disorders such as diabetes mellitus and chronic kidney disease in cats.

ACROMEGALY, INSULIN RESISTANCE AND DIABETES IN CATS

In a study analyzing serum fructosamine and basal serum IGF-1 concentrations in diabetic cats, both insulin-sensitive and insulin-resistant, basal serum GH concentrations were determined in diabetic cats with and without acromegaly (Niessen et al., 2007).

A study evaluating 16 diabetic cats suspected of acromegaly or pituitary-dependent hyperadrenocorticism with insulin resistance and 8 diabetic cats with well-controlled diabetes found pituitary masses on computed tomography in all insulin-resistant cats. In contrast, CT or MRI findings were normal in cats with well-controlled diabetes. Consequently, diabetic cats exhibiting insulin resistance and suspected acromegaly or hyperadrenocorticism were found to have a high likelihood of pituitary tumors (Elliott et al., 2000).

Although hypersomatotropism is generally associated with diabetes mellitus, it may also occur in non-diabetic cats. A multicenter retrospective study evaluated the clinical and laboratory findings of 28 non-diabetic cats suspected of hypersomatotropism between 2014 and 2024 across 10 institutions. Most cats were male, with a mean age of 9.5 years and mean body weight of 7.1 kg. Elevated serum IGF-1 levels were detected, and 68% of cats exhibited clinical signs compatible with acromegaly, including weight gain, broad facial features, abdominal distension, and polyphagia. The most common clinical findings included hyperproteinemia, elevated serum creatinine concentrations, and decreased urine specific gravity. Some cats also had hypertrophic cardiomyopathy phenotype and chronic kidney disease. Median survival time after diagnosis was 24 months. These findings suggest that hypersomatotropism can develop in the absence of diabetes and should be considered in cats with clinical signs suggestive of GH excess (Miceli et al., 2026).

A study evaluating quality of life after hypophysectomy in cats with hypersomatotropism (HST) and concurrent diabetes mellitus (DM) retrospectively and prospectively investigated owners of cats undergoing hypophysectomy between 2012 and 2022. The DIAQoL-Pet questionnaire was administered before and after surgery, and item-weighted impact scores (IWIS) and average weighted impact scores (AWIS) were calculated. Results demonstrated that most owners would choose hypophysectomy again, while postoperative concerns regarding illness appearance, hypoglycemia, and vision loss significantly decreased. Additionally, postoperative AWIS values were less negative compared to preoperative values (Shelton et al., 2026).

A worldwide study collecting clinical data from cats diagnosed with hypersomatotropism (HS) and evaluating the effects of treatments on quality of life (QoL) and survival time used a questionnaire including clinical signs, diagnostic methods, treatment options, quality of life, and disease progression. Quality of life was scored from 1 (poor) to 5 (excellent), and treatment response was similarly evaluated. A total of 127 cats from at least 11 countries were included. Of these cats, 95% were diabetic and 5% were non-diabetic. Forty-six percent of diabetic cats were treated only with insulin, whereas treatment details for some cats were unspecified. Mean QoL score at diagnosis was 2, and improvement was observed in all treatment groups after therapy. Cats treated with cabergoline, radiotherapy, and hypophysectomy had higher improvement scores compared with cats receiving insulin therapy alone. In particular, hypophysectomy showed superior effects on quality of life compared to cabergoline. Mean survival time for all cats was 24 months. Cats treated only with insulin had shorter survival times than cats receiving targeted therapies. These findings suggest that not all cats with HS develop diabetes mellitus and that etiological treatments provide more favorable outcomes regarding quality of life and survival. The study also indicated that cabergoline may represent an effective alternative treatment option (Corsini et al., 2022).

Hypersomatotropism is a disease generally caused by excessive secretion of growth hormone from the anterior pituitary gland secondary to pituitary tumors, resulting in insulin-resistant diabetes and acromegaly. Studies from the United Kingdom, Switzerland, and the Netherlands reported a prevalence of hypersomatotropism ranging from 17.8% to 26% in diabetic cats, whereas its prevalence in Australia remained unknown. Serum samples from cats with clinical diabetes histories accompanied by elevated fructosamine or hyperglycemia were analyzed for insulin-like growth factor-1 (IGF-1). Hypersomatotropism was defined as IGF-1 concentrations ≥1000 ng/mL, and prevalence estimates and confidence intervals were calculated while comparing pathophysiological features of cats with and without hypersomatotropism. Serum samples from 87 diabetic cats were ultimately analyzed, and 14 cats had IGF-1 concentrations above 1000 ng/mL. Accordingly, the prevalence of hypersomatotropism in diabetic cats in Australia was estimated at 16%, with the true prevalence predicted to range between 9.5% and 24.9%. No significant differences were identified between cats with and without hypersomatotropism regarding breed, sex, age, or geographical location. Additionally, glucose and fructosamine concentrations did not differ between groups. These findings indicate that hypersomatotropism is an important cause of uncontrolled diabetes mellitus in cats and that its prevalence in Australia is comparable to rates reported in other countries. Clinical characteristics alone were insufficient to distinguish diabetic cats with and without hypersomatotropism, emphasizing the importance of screening with validated IGF-1 assays (Kennedy et al., 2025).

Although feline hypersomatotropism (HST) is most commonly linked with diabetes mellitus (DM), cases have also been identified in cats without diabetes. This study investigated circulating insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations in overweight and obese non-diabetic cats, assessed the occurrence of HST, and evaluated associations between IGF-1 levels, body weight, and body condition score (BCS). The study population consisted of 80 overweight or obese non-diabetic cats presented to referral centers in Buenos Aires. Of these, 29 cats were categorized as overweight (BCS 7/9), while 51 were classified as obese (BCS 8–9/9). Serum IGF-1 concentrations showed significant positive correlations with both body weight and BCS values. Elevated IGF-1 concentrations exceeding 1000 ng/mL were identified in 8.75% of the cats, and computed tomography demonstrated pituitary enlargement in four of the seven cats that underwent imaging evaluation. Furthermore, several of these cats exhibited physical characteristics consistent with acromegaly. The results suggested that a subset of overweight and obese non-diabetic cats may have biochemical and imaging findings compatible with HST, and that increasing body weight and BCS are associated with higher circulating IGF-1 concentrations. The authors also highlighted the importance of screening various non-diabetic feline populations to facilitate earlier recognition and diagnosis of HST/acromegaly (Miceli et al., 2024).

Another study investigated circulating insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations in non-diabetic cats affected by hypertrophic cardiomyopathy (HCM) and left ventricular hypertrophy (LVH). Residual serum samples obtained at the time of HCM diagnosis were retrospectively evaluated, and IGF-1 concentrations measured using a validated radioimmunoassay were compared with values from 16 clinically healthy cats without evidence of LVH. In addition, clinical and echocardiographic findings

of cats with IGF-1 concentrations above 1000 ng/mL were assessed alongside those of cats with concentrations below 800 ng/mL. The results demonstrated that 6.7% of cats diagnosed with HCM had IGF-1 concentrations exceeding 1000 ng/mL (95% confidence interval: 1.8–16.2), while no such elevations were identified in the healthy control group. The findings suggested that a subset of non-diabetic cats with HCM may exhibit IGF-1 concentrations compatible with feline hypersomatotropism previously described in diabetic cats (Steele et al., 2021).

CONCLUSION

Acromegaly is an important endocrine disease in cats, most commonly caused by growth hormone-secreting pituitary adenomas and characterized by excessive GH and IGF-1 production. Although historically considered a rare disease, recent studies indicate that hypersomatotropism is more common than previously recognized, particularly in insulin-resistant diabetic cats. Insulin resistance resulting from the diabetogenic effects of GH is considered an important cause of uncontrolled diabetes mellitus. Furthermore, hypersomatotropism has also been reported in non-diabetic, obese cats and in cats with chronic kidney disease or hypertrophic cardiomyopathy.

Measurement of serum IGF-1 concentration has emerged as an important biomarker for the diagnosis of feline hypersomatotropism and acromegaly. In particular, IGF-1 concentrations exceeding 1000 ng/mL are strongly associated with pituitary enlargement and hypersomatotropism. However, the absence of detectable pituitary masses in some cases demonstrates that diagnosis should not rely solely on imaging findings. Therefore, combined evaluation of IGF-1 measurements, clinical findings, and advanced imaging techniques improves diagnostic accuracy.

REFERENCES

Amunategui, J. R., Molina, E. M., Pompili, G. A., Mas, J., Pignataro, O. P., & Miceli, D. D. (2025). Evaluation of serum insulin-like growth factor 1 concentrations in non-diabetic cats with chronic kidney disease. *Domestic Animal Endocrinology*, *91*, 106898.

Corsini, A., Niessen, S. J., Miceli, D. D., Caney, S., Zeugswetter, F. K., Sieber-Ruckstuhl, N. S., ... & Fracassi, F. (2022). Quality of life and response to treatment in cats with hypersomatotropism: the owners' point of view. *Journal of feline medicine and surgery*, *24*(8), e175-e182.

Elliott, D. A., Feldman, E. C., Koblik, P. D., Samii, V. F., & Nelson, R. W. (2000). Prevalence of pituitary tumors among diabetic cats with insulin resistance. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *216*(11), 1765-1768.

Fleseriu, M., Langlois, F., Lim, D. S. T., Varlamov, E. V., & Melmed, S. (2022). Acromegaly: pathogenesis, diagnosis, and management. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, *10*(11), 804-826.

Gembardt, C., & Loppnow, H. (1976). Pathogenesis of spontaneous diabetes mellitus in the cat. II. Acidophilic adenoma of the pituitary gland and diabetes mellitus in 2 cases. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, *89*(17), 336-340.

Kennedy, A., White, J., Lam, A., & Kenny, P. (2025). Hypersomatotropism in diabetic cats in Australia. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, *27*(11), 1098612X251379726.

Lopes-Pinto, M., Lunet, M. P., Ema, R. L. N. M. C., Miceli, D., Oliveira, L. R., & Marques, P. (2024, May). Acromegaly in humans, cats and dogs: epidemiological, pathophysiological, clinical and management resemblances and differences. In *Endocrine Abstracts* (Vol. 99). Bioscientifica.

Mahmoudzadeh, S. O., Koenhemsi, L., Mehmedov, T. N., & Or, M. E. (2024). Akromegali Saptanan Kedilerde İnsülin Direnci: Geleneksel Derleme. *Turkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences*, *15*(2), 72-76.

Miceli, D. D., Jaliquias, A., Gallelli, M. F., García, J. D., Vecino, C., Amunategui, J. R., ... & Pignataro, O. P. (2024). Increased insulin-like growth factor 1 concentrations in a population of non-diabetic cats with overweight/obesity. *Domestic animal endocrinology*, *89*, 106858.

Miceli, D., Niessen, S. J., Rey Amunategui, J. P., Zeugswetter, F. K., Pompili, G., Tavares, F., ... & Fracassi, F. (2026). Hypersomatotropism without concurrent diabetes mellitus in cats: 28 cases (2014-2024). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *40*(1), aalaf050.

Niessen, S. J. M., Petrie, G., Gaudiano, F., Khalid, M., Smyth, J. B. A., Mahoney, P., & Church, D. B. (2007). Feline acromegaly: an underdiagnosed endocrinopathy?. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *21*(5), 899-905.

Shelton, E., Jepson, R., Church, D., Fenn, J., & Scudder, C. (2026). Owner points of view and perceived quality of life of diabetic cats pre-and post-hypophysectomy for hypersomatotropism. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *40*(1), aalaf006.

Steele, M. M., Borgeat, K., Payne, J. R., Coss, P., Navarro-Cubas, X., Church, D. B., ... & Connolly, D. J. (2021). Increased insulin-like growth factor 1 concentrations in a retrospective population of non-diabetic cats diagnosed with hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of feline medicine and surgery*, *23*(10), 952-958.

BU GÜN TƏHSİLİN MƏZMUN KOMPONENTİ HAQQINDA NƏLƏRİ DÜŞÜNÜRÜK?

Ənvər ABBASOV

Bakı Slavyan Universiteti, Təhsil, Pedaqogika, Bakı, Azərbaycan. ORCID İD:0000-0002-0811-549X

Anvar ABBASOV

Baku Slavic University, Education, Pedagogy, Baku, Azerbaijan, ORCID İD:0000-0002-0811-549X

XÜLASƏ

Bu məqalədə müasir dövrdə təhsilin məzmun komponentinin mahiyyəti, formalaşma xüsusiyyətləri və inkişaf istiqamətləri geniş şəkildə təhlil olunur. Təhsilin məzmunu yalnız biliklərin ötürülməsi ilə məhdudlaşmayan, eyni zamanda bacarıq, vərdiş və dəyərlərin formalaşdırılmasına yönəlmiş kompleks və dinamik sistem kimi xarakterizə edilir. Məqalədə təhsilin məzmununun tarixi inkişafı araşdırılaraq, ənənəvi əzbərçilik modelindən müasir kompetensiya əsaslı yanaşmaya keçidin mahiyyəti izah olunur. Xüsusilə rəqəmsallaşma, qloballaşma və informasiya cəmiyyətinin tələbləri fonunda təhsilin məzmununun yenidən qurulmasının vacibliyi vurğulanır. Müasir təhsil məzmununda kritik düşüncə, yaradıcılıq, problem həll etmə və rəqəmsal savadlılıq kimi bacarıqların ön plana çıxması əsas tendensiyalar kimi təqdim edilir. Bununla yanaşı, məqalədə təhsilin məzmunu ilə bağlı mövcud problemlər – real həyatla zəif əlaqə, proqramların həddindən artıq yüklənməsi, praktik yönümlülüyün kifayət qədər olmaması və müəllim-şagird səviyyəsində çətinliklər ətraflı şəkildə təhlil edilir. Ritorik sual vasitəsilə cəmiyyətin təhsilə münasibəti dəyərləndirilir və bu sualın düşündürücü və tənqidi mahiyyəti açıqlanır. Sonda isə təhsilin məzmununun təkmilləşdirilməsi üçün şagirdyönümlü yanaşmanın gücləndirilməsi, texnologiyanın məqsədyönlü inteqrasiyası və müəllimlərin peşəkar inkişafının təmin olunması kimi praktik təkliflər irəli sürülür.

Açar sözlər: təhsilin məzmunu, kurikulum, kompetensiya, rəqəmsallaşma, kritik düşüncə

WHAT DO WE THINK ABOUT THE CONTENT COMPONENT OF EDUCATION TODAY?

ABSTRACT

This article provides a comprehensive analysis of the essence, formation, and development trends of the content component of education in the modern era. Educational content is characterized as a complex and dynamic system that goes beyond the simple transmission of knowledge and includes the development of skills, habits, and values. The study explores the historical evolution of educational content, explaining the transition from traditional rote-learning models to modern competency-based approaches. Particular emphasis is placed on the need to redesign educational content in response to digitalization, globalization, and the demands of the information society. Key trends in contemporary education include the growing importance of critical thinking, creativity, problem-solving abilities, and digital literacy. At the same time, the article highlights several existing challenges, such as the weak connection between educational content and real-life contexts, overloaded curricula, limited practical orientation, and difficulties experienced by both teachers and students. Through the use of a rhetorical question, the author examines society's attitude toward education and emphasizes its reflective and critical nature. The paper concludes by proposing practical recommendations for improving educational content, including the strengthening of student-centered approaches, the purposeful integration of technology, and the continuous professional development of teachers to meet modern educational demands.

Keywords: educational content, curriculum, competency, digitalization, critical thinking

GİRİŞ

Müasir dövrdə təhsil cəmiyyətin inkişafını müəyyən edən əsas amillərdən biri kimi çıxış edir. Qloballaşma, rəqəmsallaşma və sürətli sosial dəyişikliklər təhsil sistemi qarşəsında yeni tələblə qoyur. Bu tələblər yalnız təhsilin forması və metodları ilə deyil, eyni zamanda onun məzmunu ilə də sıx bağlıdır. Konkret demiş olsaq, təhsilin məzmun komponenti şagirdlərə hansı biliklərin, bacarıqların və dəyərlərin ötürüldüyünü müəyyən edir və bu baxımdan təhsil sisteminin "nə öyrədilir?" sualına cavab verir.

Pedaqoji ədəbiyyatda təhsilin məzmunu anlayışı kurikulum nlayışının mahiyyətinə uyğun olaraq şərh olunur və o, yalnız faktoloji biliklərin məcmusu kimi deyil, həm də şəxsiyyətin hərtərəfli inkişafına yönəlmiş kompleks sistem kimi qəbul edilir. Məşhur pedaqoq John Dewey təhsilin həyatla əlaqələndirilməsinin vacibliyini vurğulayaraq qeyd edirdi ki, məktəb real həyatın kiçik modeli olmalı və öyrənilən məzmun praktik fəaliyyətlə uzlaşmalıdır (Dewey,1915). Bu yanaşma müasir təhsil nəzəriyyələrində də öz aktuallığını qoruyub saxlayır. Digər tərəfdən, inkişaf psixologiyasının görkəmli nümayəndəsi Jean Piaget uşaqların idraki inkişaf mərhələlərini əsas götürərək göstərmişdir ki, təhsil məzmunu şagirdlərin yaş xüsusiyyətlərinə və psixoloji inkişaf səviyyəsinə uyğun qurulmalıdır (Piaget,1972). Bu fikir müasir kurikulumların hazırlanmasında əsas prinsiplərdən biri kimi qəbul edilir.

Bu kontekstdə "Bu gün təhsilin məzmun komponenti haqqında nələri düşünürük?" sualı sadəcə informasiya xarakterli deyil, ritorik məna daşıyır. Bu sual cəmiyyətin təhsilə münasibəti, mövcud problemlər və gələcək perspektivlər haqqında düşünmək məqsədi güdür. Ritorik sual vasitəsilə müəllif oxucunu passiv müşahidəçilikdən aktiv düşünən subyektə çevirir və onu təhsilin məzmunu haqqında yenidən fikirləşməyə sövq edir.

ARAŞDIRMA

1. Təhsilin məzmun komponenti nədir?

Təhsilin məzmun komponenti pedaqoji elmdə əsas kateqoriyalardan biri kimi çıxış edir və təlim prosesində şagirdlərə ötürülən bilik, bacarıq, vərdiş və dəyərlərin sistemli məcmusunu ifadə edir. Bu komponent "nə öyrədilir?" sualına cavab verməklə yanaşı, həm də "niyə və necə öyrədilir?" məsələləri ilə sıx əlaqədardir. Müasir pedaqoji yanaşmalarda təhsilin məzmunu yalnız informasiyanın ötürülməsi ilə məhdudlaşmır, o, şəxsiyyətin intellektual, sosial və emosional inkişafını təmin edən çoxşaxəli struktur kimi dəyərləndirilir.

Elmi ədəbiyyatda təhsilin məzmunu, əsasən, kurikulum anlayışı ilə əlaqələndirilir. Kurikulum təlim məqsədlərini, məzmunu, tədris metodlarını və qiymətləndirmə mexanizmlərini özündə ehtiva edən bütöv sistemdir. Bu baxımdan məzmun komponenti kurikulumun mərkəzi elementi hesab olunur. Pedaqoq Ralph Tyler kurikulumun əsasını təşkil edən elementlərdən biri kimi məzmunun məqsədlərə uyğun seçilməsinin vacibliyini vurğulayaraq qeyd edirdi ki, təhsil proqramı cəmiyyətin ehtiyaclarına və öyrənənlərin xüsusiyyətlərinə əsaslanmalıdır (Tyler, 1949).

Müasir yanaşmalarda təhsilin məzmunu üç əsas istiqamətdə formalaşır: biliklər (nəzəri informasiya), bacarıqlar (praktik tətbiq imkanları) və dəyərlər (etik və sosial). Bu struktur şagirdin yalnız məlumatlı deyil, həm də fəaliyyət qabiliyyətli və məsuliyyətli şəxsiyyət kimi formalaşmasına xidmət edir. Bu kontekstdə Lev Vygotskynin sosial-mədəni inkişaf nəzəriyyəsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. O, öyrənmənin sosial mühitlə qarşılıqlı əlaqədə baş verdiyini vurğulayaraq göstərirdi ki, təhsil məzmunu şagirdin inkişaf zonasına uyğun qurulmalı və onun potensial imkanlarını üzə çıxarmalıdır. (Vygotsky, 1978) Ənənəvi təhsil modellərində məzmun daha çox faktların və nəzəri biliklərin ötürülməsinə yönəlmişdir. Bu yanaşmada şagird passiv qəbul edən rolunda çıxış edirdi. Lakin müasir pedaqoji yanaşmalar, xüsusilə kompetensiya əsaslı təhsil modeli, məzmunun funksional və tətbiqyönümlü olmasını tələb edir. Bu modeldə əsas məqsəd şagirdə yalnız "nəyi bilmək" deyil, həm də "necə istifadə etmək" bacarığını aşılamaqdır.

Bundan əlavə, müasir təhsildə məzmunun çevikliyi və yenilənə bilməsi də vacib şərtlərdən biri hesab olunur. Sürətlə dəyişən dünyada sabit və dəyişməz məzmun anlayışı artıq öz aktuallığını itirir. Bu

səbəbdən təhsil proqramları mütəmadi olaraq yenilənməli, elmi-texniki nailiyyətlər və cəmiyyətin sosial sifarişi nəzərə alınmalıdır.

Beləliklə, təhsilin məzmun komponenti yalnız tədris materiallarının toplusu deyil, o, şəxsiyyətin formalaşmasına yönəlmiş məqsədyönlü və dinamik sistemdir. Bu sistemin düzgün qurulması təhsilin keyfiyyətini müəyyən edən əsas amillərdən biri kimi çıxış edir və növbəti mərhələdə onun tarixi inkişaf dinamikasını araşdırmaq zərurətini ortaya qoyur.

Təhsilin məzmun komponentinin formalaşması və inkişafı tarixi proseslərlə sıx bağlı olmuşdur. Müxtəlif dövrlərdə cəmiyyətin sosial-iqtisadi quruluşu, elmi biliklərin səviyyəsi və ideoloji yanaşmalar təhsilin məzmununa birbaşa təsir göstərmişdir. Bu baxımdan təhsilin məzmunu statik deyil, daim dəyişən və inkişaf edən bir sistem kimi xarakterizə olunur.

Keçmişdə təhsilin məzmunu necə idi?

Ənənəvi cəmiyyətlərdə təhsilin məzmunu, əsasən, klassik biliklərin – oxu, yazı, hesab və dini-əxlaqi dəyərlərin öyrədilməsinə yönəlmişdir. Orta əsrlərdə və sonrakı dövrlərdə məktəblərdə əsas diqqət mətnlərin əzbərlənməsinə və müəllimin verdiyi informasiyanın dəyişməz şəkildə mənimsənilməsinə yönəlirdi. Bu modeldə bilik müqəddəs və dəyişməz qəbul edilir, şagird isə onu olduğu kimi yadda saxlamalı idi.

Sənaye inqilabı dövründə isə təhsilin məzmunu daha çox standartlaşdırılmış biliklərin ötürülməsinə xidmət edirdi. Məqsəd intizamlı, qaydalara tabe olan və müəyyən peşə bacarıqlarına malik işçi qüvvəsi yetişdirmək idi. Bu mərhələdə təhsil sistemi kütləviləşdi, lakin məzmun yenə də əsasən, reproduktiv xarakter daşıyırdı.

Əzbərçilikdən kompetensiyaya keçid

XX əsrin ortalarından etibarən təhsildə məzmun anlayışına yanaşmada ciddi dəyişikliklər baş verdi. Əzbərçilik üzərində qurulan ənənəvi model tənqid olunmağa başladı. Pedaqoji fikirdə yeni istiqamətlər meydana çıxdı və öyrənmənin mahiyyəti yenidən qiymətləndirildi.

Bu dəyişikliklərdə Benjamin Bloomun taksonomiyası mühüm rol oynadı. O, təlim məqsədlərini yalnız bilik səviyyəsi ilə məhdudlaşdırmadı. Daha yüksək idrak səviyyələrini – anlama, tətbiq, təhlil, sintez və qiymətləndirməni ön plana çıxardı (Bloom,1956). Bu yanaşma təhsilin məzmununun daha dərin və çoxşaxəli qurulmasına təkan verdi.

Sonrakı mərhələdə kompetensiya əsaslı yanaşma formalaşdı. Bu yanaşmaya görə, təhsilin məqsədi yalnız bilik vermək deyil, həmin bilikləri real həyatda tətbiq edə bilən, problem həll etmə bacarıqlarına malik, müstəqil düşünən şəxsiyyət formalaşdırmaqdır. Bu isə məzmunun strukturunda köklü dəyişikliklərə səbəb oldu. Nəzəri biliklərlə yanaşı praktik fəaliyyət, sosial bacarıqlar və dəyərlər də əsas yer tutmağa başladı.

Dəyişən prioritetlər

Tarixi inkişaf prosesində təhsilin məzmununda prioritetlər də dəyişmişdir. Əgər əvvəlki dövrlərdə əsas diqqət biliklərin qorunub saxlanmasına yönəlmişdisə, müasir dövrdə biliklərin yaradılması və tətbiqi ön plana çıxır. Bu dəyişikliklər cəmiyyətin tələbatları ilə bağlıdır.

Məsələn, aqrar cəmiyyətdə praktik əmək bacarıqları və ənənəvi biliklər üstünlük təşkil edirdi. Sənaye cəmiyyətində texniki biliklər və intizam əsas prioritet idi. Post-sənaye və informasiya cəmiyyətində isə yaradıcılıq, innovasiya və rəqəmsal savadlılıq ön plana çıxır.

Bu mənada Alvin Toffler qeyd edirdi ki, gələcəyin savadsızı oxuyub-yaza bilməyən deyil, öyrənməyi, unutmağı və yenidən öyrənməyi bacarmayan insan olacaqdır (Toffler,1971). Bu fikir müasir təhsil məzmununun çevik və adaptiv olmasının vacibliyini bir daha təsdiqləyir.

Beləliklə, tarixi baxış göstərir ki, təhsilin məzmun komponenti sadə bilik ötürülməsindən kompleks kompetensiyaların formalaşdırılmasına doğru uzun inkişaf yolu keçmişdir. Bu inkişafın nəticəsi olaraq müasir dövrdə təhsilin məzmunu daha çevik, inteqrativ və şəxsiyyətyönümlü xarakter almışdır.

2. Müasir dövrdə təhsilin məzmunu

Müasir dövrdə təhsilin məzmunu qlobal dəyişikliklərin təsiri altında yenidən formalaşır və ənənəvi bilik ötürmə modelindən uzaqlaşaraq daha çevik, inteqrativ və şəxsiyyətyönümlü xarakter alır. İnformasiya cəmiyyətinin inkişafı, texnoloji yeniliklər və əmək bazarının dəyişən tələbləri təhsilin məzmunu arşısında yeni istiqamətlər müəyyənləşdirir. Bu baxımdan müasir təhsil artıq yalnız biliklərin mənimsənilməsi ilə kifayətlənmir, o, fərdin həyati bacarıqlarının formalaşdırılmasına yönəlir.

Rəqəmsallaşma və texnologiyanın təsiri

Rəqəmsallaşma müasir təhsilin məzmununa ən güclü təsir göstərən amillərdən biridir. İnformasiya-kommunikasiya texnologiyalarının geniş yayılması tədris materiallarının təqdim olunma formasını və məzmunun strukturunu dəyişdirmişdir. Elektron resurslar, onlayn platformalar və interaktiv vasitələr təhsilin daha əlçatan və fərdiləşdirilmiş olmasına imkan yaradır.

Bu kontekstdə Seymour Papertin konstruktivist yanaşması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. O, "Ağıl fırtınaları: uşaqlar, kompüterlər və güclü ideyalar"(1994) adlı kitabında texnologiyanın yalnız informasiya ötürmək üçün deyil, həm də şagirdlərin aktiv şəkildə bilik qurmasına xidmət etməli olduğunu vurğulayırdı. Müasir təhsil mühitində şagirdlər artıq passiv dinləyici deyil, rəqəmsal mühitdə araşdıran, yaradan və paylaşan subyektlərə çevrilirlər.

Bununla yanaşı, rəqəmsallaşma təhsilin məzmununa yeni komponentlər daxil etmişdir. Rəqəmsal savadlılıq, informasiya təhlükəsizliyi, media tənqidi və süni intellektlə işləmə bacarıqları artıq müasir kurikulumun ayrılmaz hissəsinə çevrilməkdədir.

Kritik düşüncə, yaradıcılıq və problem həll etmə bacarıqları

Müasir təhsil məzmununun əsas xüsusiyyətlərindən biri də onun yüksək səviyyəli idrak bacarıqlarının inkişafına yönəlməsidir. İnformasiya bolluğu şəraitində əsas məsələ məlumatı yadda saxlamaq deyil, təhlil etmək, qiymətləndirmək və ondan düzgün istifadə etməkdir. Bu isə kritik düşüncənin formalaşdırılmasını zəruri edir.

Təhsil nəzəriyyəçisi Howard Gardnerin çoxsaylı intellekt nəzəriyyəsi göstərir ki, fərdlər müxtəlif qabiliyyətlərə malikdir və təhsil məzmunu bu müxtəlifliyi nəzərə almalıdır (Gardner, 1983). Bu yanaşma yaradıcılığın və fərdi potensialın inkişafına geniş imkan yaradır.

Eyni zamanda, problem həll etmə bacarıqları müasir cəmiyyətin əsas tələblərindən biri kimi çıxış edir. Şagirdlərə real həyat situasiyalarında qarşılaşdıqları problemləri analiz etmək, alternativ həll yolları tapmaq və qərar vermək bacarıqları aşılanmalıdır. Bu, təhsilin məzmununun praktik və tətbiqyönümlü qurulmasını tələb edir.

Qlobal və lokal tələblərin təsiri

Müasir təhsilin məzmunu həm qlobal, həm də lokal səviyyədə formalaşan tələblərin təsiri altında inkişaf edir. Qloballaşma prosesi müxtəlif ölkələrin təhsil sistemləri arasında qarşılıqlı təsiri gücləndirmiş, beynəlxalq standartların və yanaşmaların yayılmasına səbəb olmuşdur. Bu, təhsilin məzmununda ümumbəşəri dəyərlərin, multikultural yanaşmanın və qlobal vətəndaşlıq anlayışının yer almasına gətirib çıxarmışdır.

Bu sahədə UNESCO tərəfindən irəli sürülən “davamlı inkişaf üçün təhsil” konsepsiyası xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu konsepsiya çərçivəsində təhsil məzmununa ekoloji düşüncə, sosial məsuliyyət və davamlı inkişaf prinsipləri daxil edilir.

Digər tərəfdən, hər bir ölkənin öz milli-mədəni xüsusiyyətləri də təhsilin məzmununa təsir göstərir. Lokal tələblər milli dəyərlərin, dilin, tarix və mədəniyyətin qorunub saxlanmasını və gələcək nəsillərə ötürülməsini təmin edir. Bu isə qlobal və lokal komponentlər arasında balansın qorunmasını zəruri edir.

Beləliklə, müasir dövrdə təhsilin məzmunu rəqəmsallaşma, yüksək səviyyəli idrak bacarıqları və qlobal-lokal tələblərin qarşılıqlı təsiri nəticəsində kompleks və dinamik xarakter almışdır. Bu məzmun modeli şagirdlərin dəyişən dünyaya uyğunlaşmasını və onların gələcək fəaliyyətə hazır olmasını təmin etməyə yönəlmişdir.

3. Bəzi problemlər haqqında

Müasir dövrdə təhsilin məzmunu əhəmiyyətli dərəcədə yenilənsə də, onun tətbiqi prosesində bir sıra problemlər və çatışmazlıqlar hələ də qalmaqdadır. Bu problemlər həm məzmunun quruluşu, həm də onun praktik reallaşdırılması ilə bağlı olub təhsilin keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir. Xüsusilə məzmunun real həyatla uyğunlaşmaması, proqramların yüklənməsi, praktik biliklərin məhdudluğu və müəllim–şagird səviyyəsində yaşanan çətinliklər bu sahədə əsas müzakirə mövzularındandır.

Məzmunun real həyatla uyğunlaşmaması

Təhsilin əsas məqsədlərindən biri şagirdləri real həyat fəaliyyətinə hazırlamaqdır. Lakin bir çox hallarda tədris edilən məzmunun gündəlik həyatla əlaqəsi zəif olur. Şagirdlər nəzəri bilikləri mənimsəsələr də, onları praktik situasiyalarda tətbiq etməkdə çətinlik çəkirlər. Bu isə öyrənmənin formal xarakter almasına gətirib çıxarır.

Pedaqoji yanaşmada John Dewey təhsilin həyatla sıx bağlı olmasının vacibliyini xüsusi olaraq vurğulayırdı. Onun fikrincə, məktəbdə öyrədilən biliklər real təcrübə ilə əlaqələndirilmədikdə, onların mənimsənilməsi səthi xarakter daşıyır. Müasir təcrübə də göstərir ki, həyatla əlaqəsi olmayan məzmun şagird motivasiyasını azaldır və öyrənmə prosesini passivləşdirir.

Yüklənmiş proqramlar

Digər mühüm problem tədris proqramlarının həddindən artıq yüklənməsidir. Kurikulumlarda çoxsaylı mövzuların və informasiyanın yer alması şagirdlərin dərindən öyrənmə imkanlarını məhdudlaşdırır. Nəticədə təlim prosesi səthi xarakter alır və biliklərin uzunmüddətli yaddaşda saxlanılması çətinləşir.

Təhsil tədqiqatçısı Jerome Bruner qeyd edirdi ki, təhsildə əsas məqsəd çox məlumat vermək deyil, fundamental anlayışları mənimsətməkdir. Onun “spiral kurikulum” ideyasına görə, eyni mövzular müxtəlif mərhələlərdə daha dərin səviyyədə təkrar öyrədilməlidir. Bu yanaşma proqramların yüngülləşdirilməsi və məzmunun daha səmərəli təşkil olunması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır (Bruner, 1960).

Praktik biliklərin azlığı

Müasir təhsil sistemində müşahidə olunan problemlərdən biri də praktik yönümlü biliklərin kifayət qədər olmamasıdır. Şagirdlər çox vaxt nəzəri biliklərə yiyələnsələr də, onları tətbiq etmək bacarığı yetərincə formalaşmır. Bu isə əmək bazarının tələbləri ilə təhsil arasında uyğunsuzluq yaradır.

Bu məsələ ilə bağlı David Kolbun təcrübəyə əsaslanan öyrənmə nəzəriyyəsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Kolb göstərirdi ki, effektiv öyrənmə yalnız nəzəri məlumatın qəbul edilməsi ilə deyil, həm də onun praktiki fəaliyyətdə tətbiqi və refleksiya ilə mümkündür. Bu baxımdan təhsilin məzmunu praktik fəaliyyətlə zənginləşdirilməli və şagirdlərə real təcrübə imkanları yaradılmalıdır (Kolb,1984).

Müəllim və şagird perspektivindən çətinliklər

Təhsilin məzmunu ilə bağlı problemlər həm müəllimlər, həm də şagirdlər üçün müəyyən çətinliklər yaradır. Müəllimlər üçün əsas problemlərdən biri yenilənmiş məzmunun effektiv şəkildə tədris olunması üçün lazımi metodik və texnoloji hazırlığın hər zaman yetərli olmamasıdır. Bu isə məzmunun nəzərdə tutulduğu kimi tətbiqinə mane olur.

Şagirdlər isə çox vaxt informasiyanın həcmi və mürəkkəbliyi qarşısında çətinlik çəkir, motivasiya itkisi yaşayırlar. Xüsusilə fərdi xüsusiyyətlərin və öyrənmə tempinin nəzərə alınmaması bu problemləri daha da dərinləşdirir. Psixoloq Lev Vygotskinin "yaxın inkişaf zonası" nəzəriyyəsi göstərir ki, təlim şagirdin mövcud imkanları ilə potensial inkişaf səviyyəsi arasında balans yaratmalıdır. Bu balans pozulduqda öyrənmə prosesi ya həddindən artıq çətin, ya da səmərəsiz olur(Vygotsky, 1978).

Beləliklə, müasir təhsilin məzmun komponentində mövcud olan problemlər onun tam potensialla həyata keçirilməsinə mane olur. Bu çatışmazlıqların aradan qaldırılması üçün məzmunun həyatla əlaqələndirilməsi, proqramların optimallaşdırılması, praktik yönümlülüyün artırılması və müəllimlərin peşəkar inkişafının gücləndirilməsi zəruri hesab edilir.

4. Ritorik sualın təhlili

"Bu gün təhsilin məzmun komponenti haqqında nələri düşünürük?" sualı formal olaraq cavab tələb etməsə də, mahiyyət etibarilə dərin məna yükünə malik ritorik sualdır. Bu sual vasitəsilə müəllif oxucunu sadəcə məlumat almağa deyil, düşünməyə, mövcud vəziyyəti təhlil etməyə və şəxsi mövqeyini müəyyənləşdirməyə yönəldir. Ritorik sual burada pedaqoji və ictimai refleksiyanın vasitəsinə çevrilir.

"Biz nə düşünürük?" sualının dərin mənası.

"Biz nə düşünürük?" ifadəsi kollektiv məsuliyyət ideyasını ön plana çıxarır. Bu, yalnız pedaqoqların və ya təhsil siyasətçilərinin deyil, bütövlükdə cəmiyyətin təhsilə münasibətini əks etdirən ümumiləşdirilmiş bir müraciətdir. Bu sual fərdi yanaşmadan daha çox ictimai şüurun səviyyəsini ölçmək məqsədi daşıyır.

Tənqidi pedaqogikanın nümayəndəsi Paulo Freire qeyd edirdi ki, təhsil passiv qəbul prosesi deyil, şüurlu və tənqidi düşünməyə əsaslanan fəaliyyət olmalıdır. Onun fikrincə, insan yalnız sual verməklə və mövcud reallığı sorğulamaqla inkişaf edir. Bu baxımdan ritorik sual oxucunu mövcud təhsil məzmununu şüurlu şəkildə dəyərləndirməyə təşviq edir. (Freire, 1970)

Cəmiyyətin təhsilə münasibəti

Ritorik sual, eyni zamanda, cəmiyyətin təhsilə olan münasibətini üzə çıxarmağa xidmət edir. Əgər cəmiyyət təhsili yalnız diplom əldə etmək vasitəsi kimi qəbul edirsə, bu zaman məzmunun keyfiyyəti ikinci plana keçir. Əksinə, təhsil şəxsiyyətin inkişafı və sosial tərəqqinin əsas aləti kimi dəyərləndirilrsə, o zaman məzmun məsələsi prioritetə çevrilir.

Bu kontekstdə Émile Durkheim təhsili cəmiyyətin dəyərlərini və normalarını ötürən əsas institut kimi xarakterizə edirdi. Onun yanaşmasına görə, təhsilin məzmunu cəmiyyətin ideoloji və mədəni strukturunu əks etdirir. Deməli, "biz nə düşünürük?" sualı əslində "biz necə bir cəmiyyət qurmaq istəyirik?" sualı ilə sıx bağlıdır.

Sualın düşündürücü və tənqidi xarakteri

Ritorik sualın əsas xüsusiyyətlərindən biri onun düşündürücü və tənqidi xarakter daşımasıdır. Bu sual mövcud vəziyyətlə razılaşmamağı, alternativ baxışların axtarılmasını və problemlərin açıq şəkildə müzakirəsini təşviq edir. Bu baxımdan o, yalnız təsviri deyil, həm də transformativ funksiyaya malikdir.

Müasir pedaqoji yanaşmalarda tənqidi düşüncə əsas kompetensiyalardan biri kimi qəbul olunur. Henry Girouxnun fikrincə, təhsil yalnız bilik ötürmək deyil, həm də sosial ədalət və tənqidi şüur

formalaşdırmaq vasitəsidir. Bu yanaşma ritorik sualın mahiyyətini daha da aydınlaşdırır. Belə ki, sual mövcud təhsil məzmununu qəbul etməkdən çox, onu yenidən düşünməyə çağırır.

Beləliklə, "Bu gün təhsilin məzmun komponenti haqqında nələri düşünürük?" ritorik sualı sadə ifadə forması arxasında dərin pedaqoji və sosial məna daşıyır. O, cəmiyyətin təhsilə münasibətini əks etdirir, tənqidi yanaşmanı təşviq edir və təhsilin məzmununun yenidən qiymətləndirilməsi zərurətini gündəmə gətirir. Bu isə növbəti mərhələdə təhsilin məzmununun təkmilləşdirilməsi üçün konkret təklif və perspektivlərin irəli sürülməsini aktuallaşdırır.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Müasir təhsilin məzmun komponentində müşahidə olunan problemlərin aradan qaldırılması və onun daha effektiv qurulması üçün kompleks və sistemli yanaşma tələb olunur. Təhsilin məzmunu dinamik xarakter daşıdığından, onun daim yenilənməsi, müasir tələblərə uyğunlaşdırılması və praktik yönümlülüyünün artırılması əsas prioritetlər kimi çıxış edir. Bu baxımdan bir sıra elmi-pedaqoji əsaslandırılmış təkliflər irəli sürmək mümkündür.

Məzmunun yenilənməsi yolları

Təhsilin məzmununun yenilənməsi, ilk növbədə, onun çevik və adaptiv qurulmasını tələb edir. Kurikulumlar mütəmadi olaraq yenidən nəzərdən keçirilməli, elmi-texniki tərəqqi, əmək bazarının tələbləri və cəmiyyətin sosial sifarişi nəzərə alınmalıdır. Bu prosesdə fundamental biliklərlə yanaşı, tətbiqi və inteqrativ məzmunun genişləndirilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Təhsil sahəsində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, məzmunun səmərəli təşkili üçün onun strukturlaşdırılması və prioritetləşdirilməsi vacibdir. Bu zaman əsas anlayışların seçilməsi və onların mərhələli şəkildə dərinləşdirilməsi daha effektiv nəticələr verir. Belə bir yanaşma həm proqramların yüngülləşdirilməsinə, həm də öyrənmənin keyfiyyətinin artırılmasına xidmət edir.

Şagirdyönümlü yanaşma

Müasir təhsildə əsas istiqamətlərdən biri şagirdyönümlü yanaşmanın tətbiqidir. Bu yanaşma şagirdi təlim prosesinin mərkəzinə qoyur və onun fərdi xüsusiyyətlərini, maraqlarını və öyrənmə tempini nəzərə alır. Belə yanaşma təhsilin məzmununun diferensiallaşdırılmasını və fərdiləşdirilməsini tələb edir.

Bu kontekstdə Carl Rogersin humanist pedaqogika ideyaları xüsusi əhəmiyyət daşıyır. O, təlim prosesində şagirdin aktiv iştirakının və daxili motivasiyasının əsas rol oynadığını qeyd edirdi. Həmçinin bu qənaətə gəlmişdir ki, şagirdyönümlü məzmun şagirdin yalnız bilik əldə etməsini deyil, həm də özünü ifadə etməsini, yaradıcılığını və müstəqil düşünməsini stimullaşdırır.

Texnologiyanın düzgün inteqrasiyası

Rəqəmsallaşma şəraitində texnologiyanın təhsil məzmununa inteqrasiyası qaçılmazdır. Lakin bu proses məqsədyönlü və pedaqoji cəhətdən əsaslandırılmış şəkildə həyata keçirilməlidir. Bu zaman texnologiya sadəcə vasitə rolunu oynamalı, təlimin məqsədlərinə xidmət etməlidir.

Seymour Papertin yanaşmasına görə, texnologiya şagirdlərin aktiv öyrənmə prosesinə cəlb olunmasını təmin etməlidir. Bu baxımdan interaktiv platformalar, simulyasiyalar və rəqəmsal layihələr təhsilin məzmununu zənginləşdirə və onu daha praktik yönümlü edə bilər. Eyni zamanda rəqəmsal savadlılıq və informasiya mədəniyyəti də məzmunun ayrılmaz hissəsinə çevrilməlidir.

Müəllimlərin rolunun gücləndirilməsi

Təhsilin məzmununun effektiv həyata keçirilməsi müəllimin peşəkar hazırlığından və pedaqoji bacarıqlarından birbaşa asılıdır. Müəllim yalnız bilik ötürən deyil, həm də təlim prosesinin təşkilatçısı, fasilitatoru və istiqamətləndiricisi rolunu yerinə yetirir.

Bu baxımdan müəllimlərin davamlı peşəkar inkişafı təmin olunmalı, onların yeni pedaqoji yanaşmalar və texnologiyalar üzrə bilik və bacarıqları artırılmalıdır.

Beləliklə, təhsilin məzmun komponentinin təkmilləşdirilməsi məzmunun yenilənməsi, şagirdyönümlü yanaşmanın tətbiqi, texnologiyanın məqsədyönlü inteqrasiyası və müəllimlərin rolunun gücləndirilməsi kimi əsas istiqamətlər üzrə həyata keçirilməlidir. Bu tədbirlər təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsinə və onun müasir cəmiyyətin tələblərinə uyğunlaşdırılmasına imkan verəcəkdir.

Aparılan təhlil göstərir ki, təhsilin məzmun komponenti cəmiyyətin inkişafı ilə paralel şəkildə dəyişən və yenilənən mürəkkəb pedaqoji sistemdir. Ənənəvi bilikyönümlü yanaşmadan müasir kompetensiya əsaslı modelə keçid təhsilin mahiyyətində keyfiyyət dəyişikliyinə səbəb olmuşdur. Müasir dövrdə təhsilin məzmunu yalnız informasiyanın ötürülməsini deyil, eyni zamanda, şagirdlərin kritik düşüncə, yaradıcılıq və problem həll etmə bacarıqlarının formalaşdırılmasını hədəfləyir. Rəqəmsallaşma, qlobal tendensiyalar və sosial tələblər bu məzmunun strukturuna ciddi təsir göstərir.

Bununla yanaşı, araşdırma zamanı müəyyən olunmuşdur ki, təhsilin məzmununda hələ də bir sıra problemlər qalmaqdadır. Məzmunun real həyatla kifayət qədər əlaqələndirilməməsi, proqramların yüklənməsi, praktik yönümlülüyün zəifliyi və müəllim–şagird səviyyəsində yaşanan çətinliklər bu sahədə əsas çatışmazlıqlar kimi çıxış edir. Bu problemlərin aradan qaldırılması üçün məzmunun yenilənməsi, şagirdyönümlü yanaşmanın gücləndirilməsi, texnologiyanın məqsədyönlü tətbiqi və müəllimlərin peşəkar inkişafının təmin edilməsi zəruri hesab olunur.

Bu kontekstdə “Bu gün təhsilin məzmun komponenti haqqında nələri düşünürük?” ritorik sualı yenidən aktuallıq qazanır. Bu sual yalnız mövcud vəziyyətin təsviri deyil, həm də cəmiyyətin təhsilə münasibətinin göstəricisi kimi çıxış edir. O, hər bir fərdi və bütövlükdə cəmiyyəti təhsilin məzmunu üzərində düşünməyə, onu tənqidi qiymətləndirməyə və daha effektiv modellərin formalaşdırılmasına töhfə verməyə çağırır.

Gələcəyə baxış kontekstində qeyd etmək olar ki, təhsilin məzmunu daha da çevik, fərdiləşdirilmiş və texnologiya ilə inteqrasiya olunmuş formada inkişaf edəcəkdir. Süni intellekt, rəqəmsal öyrənmə mühitləri və qlobal əmək bazarının tələbləri bu prosesə yeni istiqamətlər verəcəkdir. Eyni zamanda milli-mədəni dəyərlərin qorunması və ötürülməsi də təhsilin məzmununda mühüm yer tutmağa davam edəcəkdir.

MƏNBƏLƏR

Abbasov, Ə. M. (2026). Müəllim inkişafı: müasir tələblər, yanaşmalar və perspektivlər. 1st International Toros Scientific Research and Innovation Congress. Mersin, Türkiye.

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives (pp. 44–45). Longmans.

Bruner, J. S. (1960). The process of education (pp. 17–32). Harvard University Press.

Dewey, J. (1915). The school and society (pp. 32–33). University of Chicago Press.

Freire, P. (1970). Pedagogy of the oppressed (pp. 71–72, 79–81). Continuum.

Gardner, H. (1983). Frames of mind: The theory of multiple intelligences (pp. 347–370). Basic Books.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning (pp. 20–38). Prentice Hall.

Piaget, J. (1972). The psychology of the child. Basic Books.

Rogers, C. (1969). Freedom to learn. Merrill.

Toffler, A. (1971). Future shock (p. 367). Random House.

Tyler, R. W. (1949). Basic principles of curriculum and instruction. University of Chicago Press.

UNESCO. (2015). Rethinking education: Towards a global common good? UNESCO Publishing.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes (pp. 86–89). Harvard University Press.

UNESCO. Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. https://unesdoc.unesco.org

OECD. The Future of Education and Skills 2030. https://www.oecd.org/education/2030-project/

UNICEF. Education Strategy and Learning Materials. https://www.unicef.org/education

World Bank Education Overview. https://www.worldbank.org/en/topic/education

European Commission. Key Competences for Lifelong Learning. https://education.ec.europa.eu

BİYOMİMETİK TABANLI DUYGUSAL FONKSİYONEL TASARIM: YOKE DİREKSİYON TASARIMI İÇİN ALTERNATİF FORM YAKLAŞIMLARI

Elif Sanem ÖZTÜRK, Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Ankara, Türkiye

ÖZET

Günümüzde otomotiv iç mekân tasarımlarında kullanıcı deneyimi yalnızca ergonomik performans ile değerlendirilmemekte; estetik algı, duygusal etkileşim ve kullanıcı odaklı deneyim parametreleri de tasarım süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle yeni nesil araç kontrol sistemleri içerisinde yer alan "Yoke" direksiyon yapıları, geleneksel direksiyon geometrilerinden farklılaşarak hem işlevsel hem de duygusal kullanıcı deneyimi oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışmada, biyomimetik tasarım yaklaşımı temel alınarak duygusal-fonksiyonel tasarım prensipleri doğrultusunda yenilikçi bir yoke direksiyon tasarımı geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında kartal kanadı, boynuz formu ve kelebek morfolojisi biyolojik referanslar olarak seçilmiş; bu canlı yapılarına ait biçimsel özellikler analiz edilerek otomotiv iç mekân tasarımına uyarlanmıştır. Kartal kanadı ve boynuz geometrilerinin sahip olduğu keskin, dinamik ve agresif form karakteristikleri "heyecan" duygusunu destekleyen tasarım girdileri olarak değerlendirilirken; kelebek kanatlarının simetrik, organik ve yumuşak geçişli yapıları ise "sakinlik" duygusunu temsil eden biyomimetik form özellikleri olarak ele alınmıştır. Elde edilen biyolojik veriler geometrik soyutlama yöntemi ile yeniden yorumlanmış ve yoke direksiyon tasarımının tutma yüzeyleri, gövde formu ve genel yüzey karakteristiğine entegre edilmiştir.

Çalışmada Russell'ın Circumplex Duygu Modeli temel alınarak kullanıcıda oluşturulması hedeflenen zıt duygusal durumlar tasarım sürecine aktarılmıştır. Geliştirilen tasarım önerileri, hem ergonomik kullanım kriterlerini hem de duygusal deneyim odaklı form dilini bütüncül şekilde bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak çalışma, biyomimetik tasarım yaklaşımının otomotiv iç mekân aksesuarlarında yalnızca teknik ve ergonomik performans açısından değil, aynı zamanda kullanıcıların duygusal deneyimlerini yönlendirme açısından da önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışma kapsamında önerilen yaklaşımın, geleceğin kullanıcı odaklı mobilite çözümleri için yenilikçi bir tasarım modeli sunabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimetik Tasarım, Duygusal Tasarım, Yoke Direksiyon, Kullanıcı Deneyimi, Otomotiv İç Mekân Tasarımı, Kansei Mühendisliği

BIOMIMETIC-BASED EMOTIONAL FUNCTIONAL DESIGN: ALTERNATIVE FORM APPROACHES FOR YOKE STEERING WHEEL DESIGN

ABSTRACT

In contemporary automotive interior design, user experience is no longer evaluated solely through ergonomic performance; aesthetic perception, emotional interaction, and user-centered experience parameters have also become significant components of the design process. In particular, next-generation vehicle control systems such as "Yoke" steering wheels differ from conventional steering geometries by offering the potential to create both functional and emotional user experiences. In this study, an innovative yoke steering wheel design was developed based on biomimetic design principles within the framework of emotional-functional design.

Within the scope of the study, eagle wings, horn structures, and butterfly morphologies were selected as biological references, and the formal characteristics of these living structures were analyzed and adapted to automotive interior design. The sharp, dynamic, and aggressive geometrical characteristics of eagle

wings and horn forms were evaluated as design inputs supporting the emotion of "excitement," whereas the symmetrical, organic, and smoothly transitioning structures of butterfly wings were considered biomimetic form characteristics representing the emotion of "calmness." The obtained biological data were reinterpreted through geometric abstraction methods and integrated into the grip surfaces, body form, and overall surface characteristics of the yoke steering wheel design.

In the study, Russell's Circumplex Model of Affect was adopted as the theoretical basis for transferring contrasting emotional states into the design process. The developed design proposals aimed to combine ergonomic usability criteria with an emotionally oriented form language in a holistic manner. As a result, the study demonstrates that the biomimetic design approach has significant potential not only in terms of technical and ergonomic performance in automotive interior accessories, but also in shaping users' emotional experiences. Furthermore, the proposed approach is considered to provide an innovative design model for future user-oriented mobility solutions.

Keywords: Biomimetic Design, Emotional Design, Yoke Steering Wheel, User Experience, Automotive Interior Design, Kansei Engineering

GİRİŞ

Günümüzde endüstriyel tasarım süreçleri yalnızca ürünlerin teknik performanslarının geliştirilmesine odaklanmamakta; kullanıcı deneyimi, estetik algı ve duygusal etkileşim gibi çok boyutlu tasarım parametreleri de ürün geliştirme süreçlerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Özellikle kullanıcı odaklı tasarım anlayışının yaygınlaşmasıyla birlikte ürünlerin yalnızca işlevsel gereksinimleri karşılaması yeterli görülmemekte, aynı zamanda kullanıcıda belirli duygusal deneyimler oluşturması beklenmektedir (Norman, 2004). Bu durum, kullanıcıların ürünlerle kurduğu ilişkinin bilişsel ve fiziksel boyutların ötesine geçerek psikolojik ve duygusal bir deneyim alanına dönüşmesine neden olmuştur. Günümüzde otomotiv iç mekân tasarımları, insan-makine etkileşiminin yoğun olarak yaşandığı alanlardan biri olarak değerlendirilmekte ve kullanıcıların güven, heyecan, kontrol, konfor ve sakinlik gibi duygusal durumlarını doğrudan etkileyebilmektedir (Kim & Lee, 2022).

Duygusal tasarım yaklaşımı, kullanıcıların ürünlerle kurduğu duygusal bağların bilinçli şekilde tasarım sürecine entegre edilmesini amaçlayan disiplinler arası bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Norman (2004), duygusal tasarımı içgüdüsel (visceral), davranışsal (behavioral) ve yansıtıcı (reflective) olmak üzere üç temel seviyede incelemekte ve kullanıcıların ürünlere verdikleri duygusal tepkilerin kullanım deneyimi üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmektedir. Jordan (2000) ise ürünlerin yalnızca fonksiyonel fayda sunmasının yeterli olmadığını, aynı zamanda haz, aidiyet ve tatmin gibi duygusal deneyimler oluşturması gerektiğini ifade etmektedir. Bu doğrultuda gelişen "Duygusal-Fonksiyonel Tasarım" yaklaşımı, ürünlerin teknik işlevleri ile duygusal kullanıcı deneyimini bütüncül biçimde ele almayı amaçlamaktadır.

Ürün tasarımında duygusal deneyimlerin oluşturulmasında form dili önemli bir rol oynamaktadır. Ürünlerin geometrik yapıları, yüzey karakteristikleri, renkleri ve biçimsel özellikleri kullanıcıların algısal ve duygusal tepkilerini doğrudan etkileyebilmektedir (Desmet & Hekkert, 2007). Özellikle görsel algı üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, keskin ve sivri geometrilerin tehdit, agresiflik ve heyecan duygularını çağrıştırdığını; yumuşak ve kavisli formların ise güven, sakinlik ve pozitif duygular ile ilişkilendirildiğini ortaya koymaktadır (Bar & Neta, 2006). Palumbo vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da kavisli geometrilerin kullanıcılar tarafından daha estetik ve güven verici olarak algılandığı ifade edilmektedir. Bunun yanında nöro-estetik alanındaki güncel çalışmalar, kullanıcıların biçimsel tasarım elemanlarına karşı geliştirdiği estetik tepkilerin bilişsel ve nörolojik süreçlerle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Chatterjee & Vartanian, 2016).

Duyguların sistematik biçimde sınıflandırılması ve tasarım süreçlerine aktarılması amacıyla farklı teorik modeller geliştirilmiştir. Plutchik'in Duygu Çemberi modeli, insan duygularını temel kategoriler ve yoğunluk seviyeleri üzerinden açıklarken (Plutchik, 1980), Russell'ın Circumplex Duygu Modeli duyguları "haz (valence)" ve "uyarılma (arousal)" eksenlerinde değerlendirmektedir (Russell, 1980). Özellikle kullanıcı deneyimi ve ürün tasarımı çalışmalarında Russell modeli yaygın biçimde

kullanılmakta; heyecan, sakinlik, güven veya stres gibi duygusal durumların analiz edilmesinde önemli bir teorik altyapı sunmaktadır. Bu modeller sayesinde kullanıcıların ürün formlarına karşı geliştirdiği duygusal tepkiler daha sistematik biçimde değerlendirilebilmektedir.

Duygusal tasarım alanındaki önemli yaklaşımlardan biri olan Kansei Mühendisliği, kullanıcıların bilinçli veya bilinçsiz duygusal tepkilerini ürün tasarım parametrelerine dönüştürmeyi amaçlamaktadır (Nagamachi, 1995). Kansei Mühendisliği kapsamında ürün formu, renk, yüzey yapısı ve ergonomik özellikler ile kullanıcı duyguları arasındaki ilişkiler analiz edilmektedir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, Kansei tabanlı tasarım yöntemlerinin yapay zekâ, parametrik modelleme ve veri odaklı tasarım sistemleri ile birlikte geliştirildiğini göstermektedir. Yang vd. (2023), difüzyon modeli ve Kansei mühendisliğini birleştiren ürün form geliştirme yöntemleri üzerinde çalışırken; Zhao vd. (2024), Kansei Engineering yaklaşımını Whale Optimization Algorithm ile entegre ederek duygusal odaklı ürün form tasarımına yönelik yeni yöntemler geliştirmiştir. Wang vd. (2024a) ise çok amaçlı evrimsel algoritmalar kullanarak ürün formlarının kullanıcı duygularına göre optimize edilmesini sağlayan yeni bir Kansei tasarım yaklaşımı önermiştir. Bu çalışmalar, günümüzde ürün tasarımında kullanıcı duygularının sayısal ve parametrik yöntemlerle analiz edilmeye başlandığını göstermektedir.

Son yıllarda biyomimetik tasarım yaklaşımı da kullanıcı deneyimi odaklı tasarım süreçlerinde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Biyomimetik veya biyomimikri, doğadaki canlı sistemlerin, yapıların ve davranışların mühendislik ve tasarım problemlerinin çözümünde modellenmesi olarak tanımlanmaktadır (Benyus, 1997). Doğadaki canlıların milyonlarca yıllık evrimsel süreçte geliştirdiği yapısal ve fonksiyonel çözümler, sürdürülebilir ve yenilikçi tasarım yaklaşımları için önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır (Vincent et al., 2006). Bunun yanında biyomimetik tasarım yalnızca teknik performans geliştirmeye yönelik bir yöntem olarak değil, aynı zamanda kullanıcıların doğaya yönelik biyofilik eğilimlerini destekleyen estetik ve duygusal bir yaklaşım olarak da değerlendirilmektedir (Kellert & Wilson, 1993).

Güncel çalışmalar, biyomimetik tasarımın kullanıcı algısı ve duygusal deneyim üzerindeki etkilerine daha fazla odaklanmaya başlamıştır. Jiang vd. (2024), biyomimetik ürün tasarımında biyolojik formların yalnızca görsel olarak taklit edilmemesi gerektiğini; bu formların işlevsel, semantik ve duygusal anlamlarının da tasarım sürecine aktarılması gerektiğini ifade etmektedir. Benzer şekilde Wang vd. (2024b), fonksiyonel analiz tabanlı biyomimetik ürün tasarımında kullanıcıların duygusal algılarının ürün formu üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymuştur. Deng vd. (2023) tarafından geliştirilen derin üretken tasarım modeli ise biyomimetik formların yapay zekâ destekli yöntemlerle yeniden üretilebildiğini ve kullanıcı odaklı ürün inovasyonunda kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca Speck vd. (2023), biyomimetik yüzey geometrileri ve organik form yaklaşımlarının kullanıcı estetiği ve algısı üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu belirtmektedir.

Biyomimetik tasarım örnekleri incelendiğinde, doğadan esinlenen formların otomotiv ve endüstriyel ürün tasarımında yaygın biçimde kullanıldığı görülmektedir. Mercedes-Benz Bionic Car tasarımında kutu balığının hidrodinamik yapısından yararlanılması, hızlı tren burun geometrilerinde yalıçapkını kuşunun gagasının modellenmesi ve mimari yapılarda kuş yuvası geometrilerinin kullanılması bu yaklaşıma yönelik önemli örnekler arasında yer almaktadır (Benyus, 1997; Vincent et al., 2006). Bununla birlikte mevcut çalışmaların büyük çoğunluğunun teknik performans, aerodinamik optimizasyon veya yapısal verimlilik üzerine yoğunlaştığı; biyomimetik form karakteristiklerinin kullanıcı duyguları üzerindeki etkilerinin ise sınırlı düzeyde incelendiği görülmektedir.

Özellikle yeni nesil otomotiv iç mekân kontrol sistemleri içerisinde yer alan “Yoke” direksiyon yapıları, kullanıcı deneyimi açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Geleneksel direksiyon geometrilerinden farklılaşan bu sistemler, kullanıcı ile araç arasındaki fiziksel ve duygusal etkileşimi yeniden tanımlama potansiyeline sahiptir. Ancak literatürde biyomimetik form özelliklerinin yoke direksiyon tasarımlarına entegrasyonu ve bu formların kullanıcıda oluşturduğu duygusal etkiler üzerine gerçekleştirilen çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle “heyecan” ve “sakinlik” gibi zıt duygusal durumların biyomimetik form dili aracılığıyla otomotiv iç mekân tasarımına nasıl aktarılabileceğine yönelik önemli bir araştırma boşluğu bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, biyomimetik tasarım yaklaşımı ile duygusal-fonksiyonel tasarım prensipleri bir araya getirilerek yenilikçi bir yoke direksiyon tasarımı geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada kartal kanadı, boynuz formu ve kelebek morfolojisi biyolojik referanslar olarak seçilmiş; bu canlılara ait biçimsel özelliklerin kullanıcı algısı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Kartal kanadı ve boynuz geometrilerinin dinamik, agresif ve keskin form karakteristikleri "heyecan" duygusunu temsil eden tasarım girdileri olarak ele alınırken; kelebek kanatlarının organik, simetrik ve yumuşak geçişli yapıları ise "sakinlik" duygusunu destekleyen biyomimetik form özellikleri olarak değerlendirilmiştir. Russell'ın Circumplex Duygu Modeli temel alınarak geliştirilen tasarım yaklaşımının, geleceğin kullanıcı odaklı mobilite sistemleri için yenilikçi bir model sunabileceği düşünülmektedir.

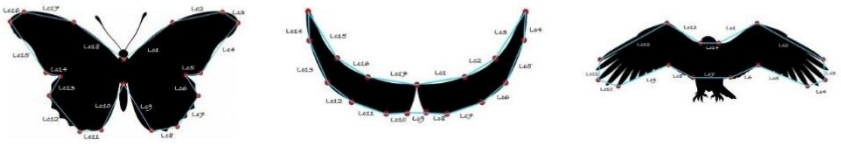
YÖNTEM

EVREN VE ÖRNEKLEM

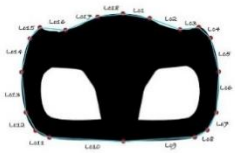
Bu çalışmada, kullanıcıların fütüristik ürün formlarına karşı geliştirdikleri duygusal tepkileri ve ergonomik algıları sistematik olarak ölçümlemek amacıyla Wang vd. (2024b) tarafından geliştirilen fonksiyonel analize dayalı biyonik tasarım metodolojisi temel alınarak özgün bir deneysel süreç kurgulanmıştır. Araştırmanın evrenini, fütüristik otomotiv bileşenlerine ve ileri düzey kullanıcı arayüzü tasarımlarına ilgi duyan, dijital platformları aktif kullanan bireyler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklem büyüklüğü belirlenirken, tasarım matrislerinde ve algı testlerinde güvenilir frekans dağılımları elde etmek adına katı sınır formüllerinden yararlanılmıştır. Bu doğrultuda, yapay zeka destekli görsel üretim süreçlerinden elde edilen tasarım uzayını değerlendirmek üzere rastgele örnekleme ve uygun örnekleme yöntemleri bir arada kullanılarak {N=103} katılımcıdan oluşan heterojen bir test grubu oluşturulmuştur.

Katılımcı yorgunluğunun geniş görsel matrislerde yaratabileceği veri kirliliğini ve rastgele işaretleme eğilimlerini ortadan kaldırmak amacıyla, analiz sürecinde katılımcıların en kararlı bilişsel eşiklerini temsil eden "Birincil (En Ergonomik) Tercih" ve "İkincil Tercih" yönelimleri filtrelenerek frekans analizine tabi tutulmuştur.

Biyolojik referanslar ile fütüristik direksiyon geometrisi arasındaki biçimsel ilişkiyi matematiksel tabana oturtmak adına kontur yapıları üzerinden düğüm noktaları (Lci) çıkarılmıştır. Nesne sınırlarında kavis, eğim veya yön değişiminin kırıldığı nirengi noktaları saptanarak Lc1, Lc2, ..., LcN Çizgi Karakteristikleri (Line Characteristics) formüle edilmiştir. Matematiksel olarak Lci = (xci, yci) koordinatları ile tanımlanan bu düğüm noktaları arasındaki ardışık topolojik ilişkiler, kci = (Lci, Lci+1) eşitliği üzerinden kapalı birer biyonik kontur modeline dönüştürülmüştür. Elde edilen bu karakteristik açı, kavis ve form oryantasyonları, yoke direksiyonun (kontrol lövyesi) el anatomisine uygun antropometrik sınırları içerisine kusursuzca transfer edilmiştir.



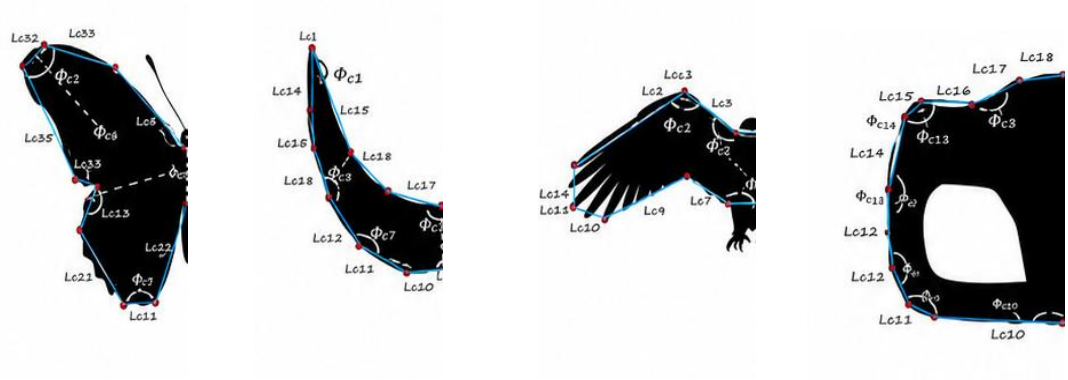
Lc (Hedef canlıların karakter çizgileri)



Lc (Hedef ürünün karakter çizgileri)

$$Lc=\{Lc1,Lc2,...,LcN\}$$
$$Lci=(xci,yci)$$
$$kci=(Lci,Lc(i+1))$$
$$Lc(N+1)=Lc1$$

Şekil 1. Karakter Çizgileri



Şekil 2. Açısal Benzerlikler

VERİ TOPLAMA ARAÇLARI VE SİSTEM MODELLEMESİ

Araştırma kapsamında, üzerinde çalışılan yoke direksiyonun hem teknik işlevsellik gereksinimlerini hem de hedef odak duyguları "heyecan" ve "sakinlik" eksiksiz karşılayabilmesi için üç temel analitik araç ve sistem tasarımı modeli uygulanmıştır:

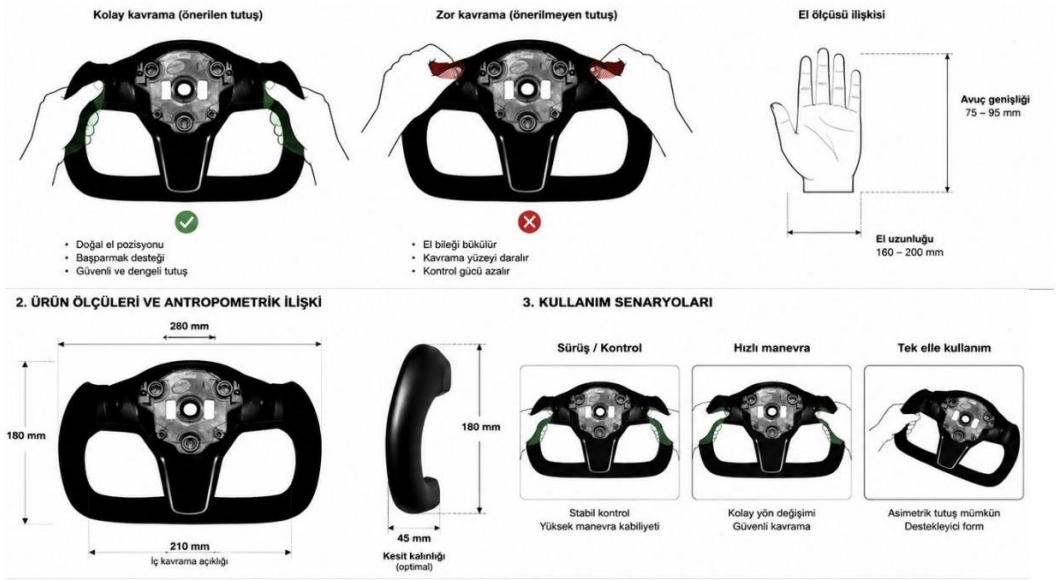
Sistem Sınırları ve Kara Kutu (Black Box) Modeli: Ürünün iç mekanik elemanlarından bağımsız olarak, kullanıcı-araç etkileşimindeki merkezi fonksiyonu tanımlamak üzere kurgulanmıştır.

Şekil 3. Kara Kutu Modeli

FAST (Function Analysis System Technique) Diyagramı: Ürünün teknik bileşenleri ile duygusal katma değerini eş güdümlü yönetmek amacıyla inşa edilmiştir. Diyagramda ürünün ana amacı "Yönlendirme Kontrolünü Sağlamak" olarak tayin edilmiştir. Bu amaca giden süreçte sistem; yapısal bütünlüğün korunması (f1) ergonomik uyumluluğun artırılması (f2), teknik entegrasyonun sağlanması (f3) ve biyonik form ile estetik değerin oluşturulması (f4) olmak üzere dört ana işlev alanına ayrıştırılmıştır.

Şekil 4. FAST Diyagramı

Ergonomik Sınırlar ve Antropometrik Ölçü Formu: Sürüş güvenliği ve kullanıcı konforunu standartlaştırmak amacıyla el anatomisi varyasyonları referans alınarak oluşturulan teknik isterler tablosudur. Tasarım sürecine girdi sağlayan bu formda; ürün dış genişliği 280 mm, toplam yükseklik 180 mm, iç kavrama açıklığı 210 mm ve optimal el kavrama kesit çapı 45 mm olarak sabitlenmiştir.



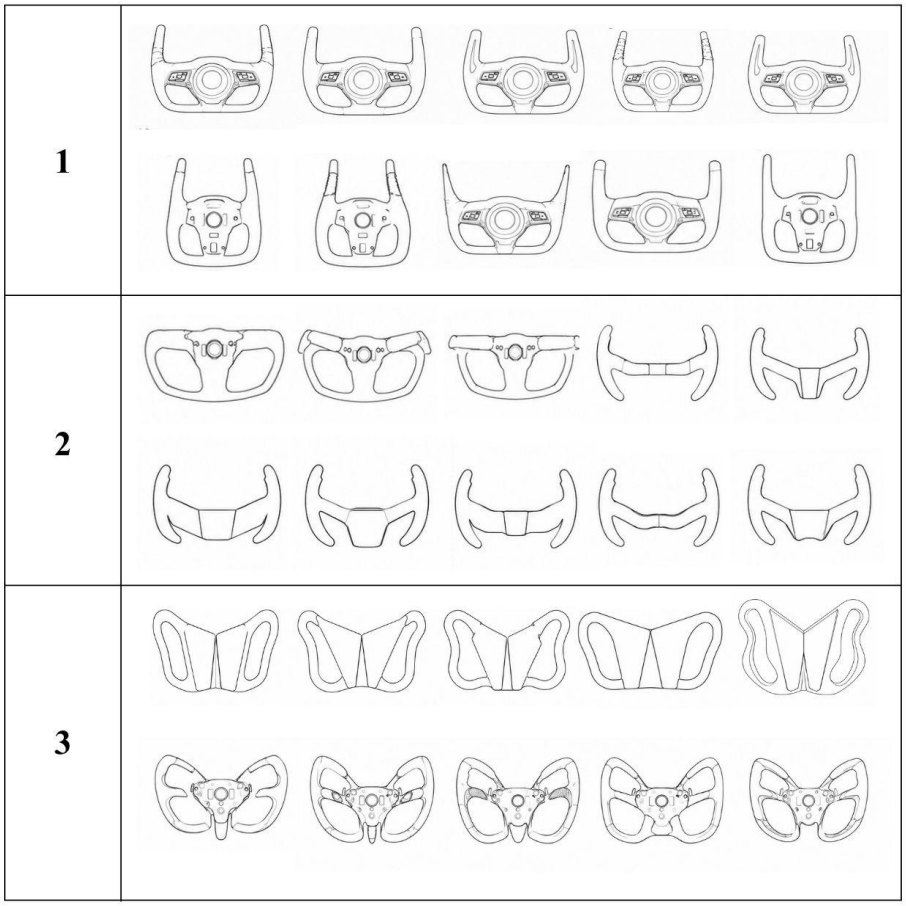
Şekil 5. Ergonomik Tutuş Analizi

YAPAY ZEKA DESTEKLİ TASARIM ÇEŞİTLENDİRMESİ (2B SÜREÇ)

FAST diyagramından elde edilen fonksiyonel isterler ve Lci kontur matrislerinden gelen morfolojik veriler girdi olarak kullanılarak yapay zeka destekli üretken görsel tasarım süreci yürütülmüştür. Bu aşamada yapay zeka araçları, biyolojik form verilerinin (kartal kanadı, boynuz ve kelebek morfolojileri)

fütüristik direksiyon mimarisiyle olası tüm varyasyonlarını türeten bir "arama uzayı genişletici" ve kavramsal asistan olarak konumlandırılmıştır.

Her üç canlı referans grubu için olmak üzere toplamda 120 adet özgün 2B tasarım alternatifi üretilmiştir. Üretilen 120 konsept paftası; endüstriyel form bütünlüğü, antropometrik kavrama elverişliliği ve biyonik sadakat süzgeçlerinden geçirilerek küçük ölçekli uzman paneli değerlendirmesiyle her canlı grubunun form karakterini en net temsil eden toplam 30 ana alternatife indirgenmiştir.



Şekil 6. Tasarım Alternatifleri

BULGULAR

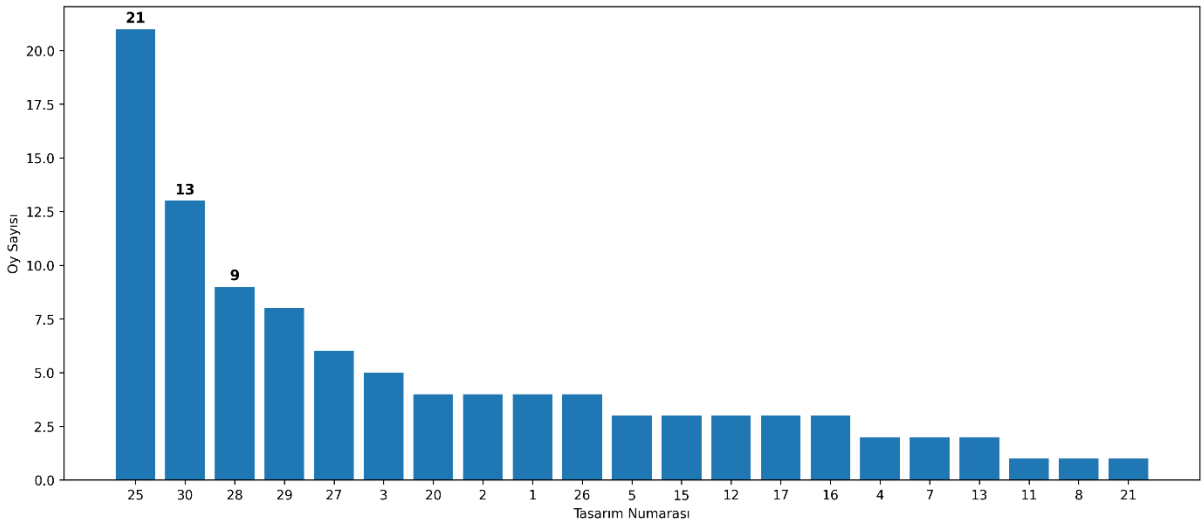
KULLANICI DEĞERLENDİRMESİ VE FREKANS ANALİZİ BULGULARI

Biyonik ve ergonomik doğrulamadan geçen 30 kavramsal steering yoke tasarımı, bütünsel bir görsel matris halinde Google Forms altyapısı üzerinden {N=103} katılımcının değerlendirmesine sunulmuştur. Katılımcıların tasarımlara verdikleri oyların frekans dağılımları (f) ve yüzde oranları (%) incelenerek, formların insan psikolojisindeki uyarılma (arousal) ve duygusal algı karşılıkları haritalandırılmıştır.

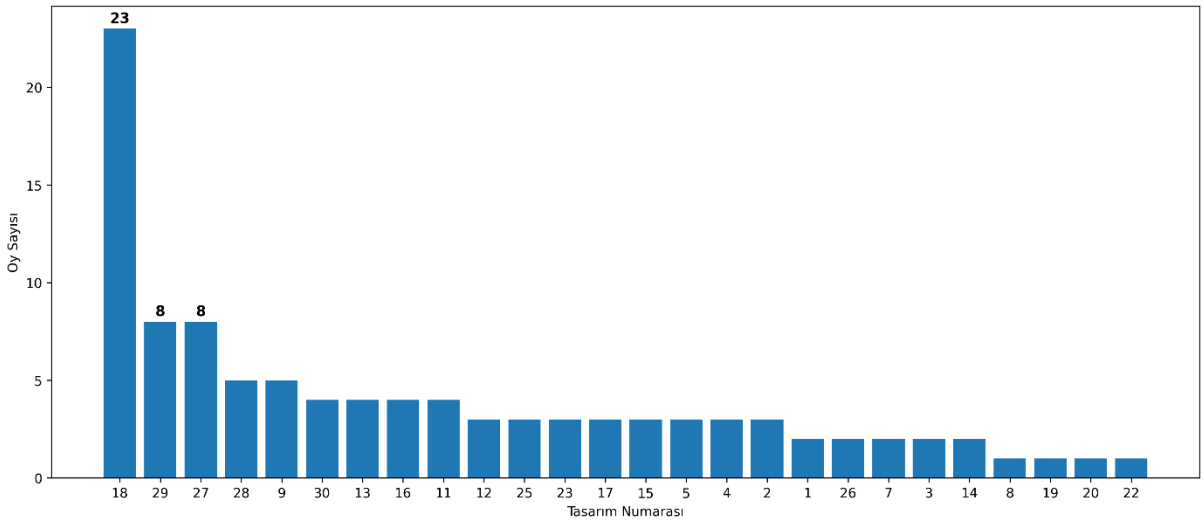
Kullanıcı değerlendirmelerinden elde edilen birincil ve ikincil yönelim bulguları şu şekildedir:

Katılımcıların tek bir büyük görsel matris içinde çok sayıda tasarım alternatifini değerlendirmesinin yaratabileceği kullanıcı yorgunluğu göz önünde bulundurularak analiz sürecinde özellikle “Birincil (En Başarılı) Tercih” ve “İkincil Tercih” yönelimleri dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda, kullanıcıların daha net karar verdiği tercih düzeyleri frekans analiziyle incelenmiş ve öne çıkan tasarım alternatifleri duygusal algı eksenleriyle ilişkilendirilmiştir. Katılımcıların verdikleri oyların dağılımı incelendiğinde, iki tasarım alternatifinin belirgin şekilde öne çıktığı saptanmıştır. Kullanım konforu, yüzey sürekliliği ve denge algısı açısından kelebek morfolojisinden esinlenen Tasarım 25, toplam 21 oy alarak en yüksek tercih oranına ulaşmıştır. (Şekil 7) Buna karşılık, kullanıcıların ikincil olarak en çok etkileyici ve başarılı

bulduğu dinamik form yönelimleri incelendiğinde; kartal kanadı morfolojisinin keskin ve agresif hatlarını taşıyan Tasarım 18, 23 oy alarak belirgin şekilde öne çıkmıştır (Şekil 8)

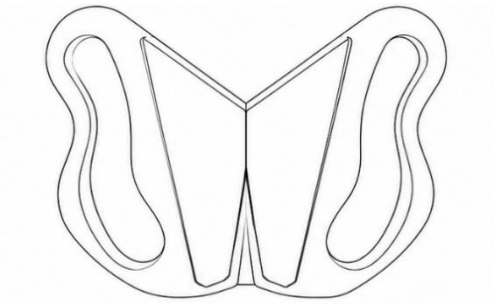


Şekil 7. Birincil Tercih Grafiği



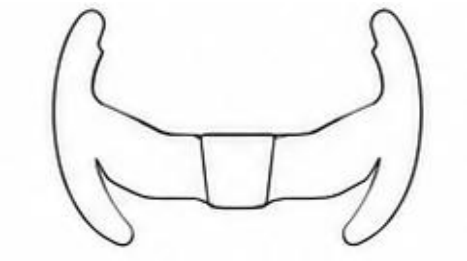
Şekil 8. İkincil Tercih Grafiği

Birincil Tercih Dağılımı (Sakinlik Ekseni): Katılımcıların kullanım konforu ve dengeli form algısı açısından en başarılı bulduğu birinci konsept, toplam 21 oy (f=21) alan Tasarım 25 olmuştur. Kelebek morfolojisinden soyutlanan geniş, kavisli ve simetrik form, katılımcı değerlendirmelerinde Russell'ın duygu çemberi modelinde düşük uyarılma düzeyiyle ilişkilendirilen "sakinlik" ve "güven" algılarının tasarım formu üzerinden desteklendiğini göstermiştir (Russell, 1980).



Şekil 9. Tasarım 25

İkincil Tercih Dağılımı (Heyecan Ekseni): Katılımcıların ikincil başarılı ve etkileyici bulduğu form alternatifleri incelendiğinde ise birincil tercihlerden farklı olarak daha dinamik bir yönelim ortaya çıkmıştır. Kartal kanadı morfolojisinin aerodinamik keskin hatlarını ve boynuz yapısının dinamik/agresif yönelimlerini bünyesinde barındıran Tasarım 18, ikincil tercihlerde 23 oy (f=23) alarak belirgin bir frekans yoğunlaşması sağlamıştır. Keskin ve yönlü hatların oluşturduğu dinamik form dili, kullanıcıda "heyecan, hız ve uyanıklık" algısını desteklemektedir. Bu etki, heyecan duygusunun fizyolojik uyarılma, artan enerji ve dikkat düzeyiyle ilişkili yapısı üzerinden açıklanabilir (The Franklin Institute, n.d.).



Şekil 10. Tasarım 18

Bu durum, Wang vd. (2024b) tarafından ortaya konulan fonksiyonel analize dayalı biyonik tasarım yaklaşımıyla da uyumlu olarak, biyomimetik yaklaşımın ürün tasarımında yalnızca estetik bir referans olmadığını; aksine kullanıcı deneyimini ve ürün algısını bilinçli olarak yönlendiren fonksiyonel bir tasarım aracı olduğunu göstermektedir.

YAPAY ZEKA ÇIKTILARININ DOĞRULANMASI VE NİHAİ MODELLEME

Sürece entegre edilen yapay zeka destekli tasarım üretim süreci, kısa süre içerisinde 120 adet çok sayıda kavramsal alternatifin hızlıca çeşitlendirilmesini sağlamıştır. Ancak, üretilen bu yapay zeka çıktılarının doğrulanması ve nihai endüstriyel tasarım kararlarının verilmesi süreçleri belirli aşamalardan geçirilmiştir:

- **1. Aşama (Konsept Üretimi):** Yapay zeka ile biyolojik referansların (kartal, boynuz, kelebek) form varyasyonları türetilmiştir. Bu aşamada biçimsel çeşitlilik yüksek olsa da tasarımlar endüstriyel ve ergonomik ölçülerden uzaktır.
- **2. Aşama (Ergonomik Filtre):** FAST hiyerarşisi ve el anatomisine uygun antropometrik sınırlar (45 mm el kavrama çapı, 280 mm dış genişlik) sürece dahil edilerek yapay zeka eskizleri filtrelenmiştir.
- **3. Aşama (Nihai CATIA Modelleme):** Kullanıcı anketinden en yüksek frekansı alan Tasarım 25 ve Tasarım 18, CATIA yazılım ortamına aktarılmıştır. Yüzey sürekliliği kurallarına (G2 kontinüti) sadık kalınarak fütüristik hiper araba standartlarında 3B katı modellere dönüştürülmüştür.

Şekil 11. Tasarım 25

Şekil 12. Tasarım 18

Sonuç olarak, Wang vd. (2024b) tarafından vurgulanan fonksiyonel analize dayalı biyonik tasarım yaklaşımıyla uyumlu olarak, nihai tasarım kararlarının olgunlaşmasında tek başına yapay zeka çıktılarının yeterli olmadığı; ergonomik süzgeçlerin, kullanıcı algı testlerinin ve biyonik sadakat analizlerinin asıl belirleyici faktörler olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Biyomimetik yaklaşım ile duygusal-fonksiyonel tasarım prensiplerinin entegre edildiği bu araştırma kapsamında, fütüristik bir kontrol ünitesi olan "Concept Hypercar Steering Yoke" ürünü üzerinden morfolojik form özellikleri ile kullanıcı algısı arasındaki ilişkiler analitik bir temelde tartışılmıştır. Elde edilen bulgular ve anket sonuçları, kullanıcıların ürün biçimleri ile zihinsel uyarılma düzeyleri arasındaki anlamsal kodları net bir şekilde algılayabildiğini ortaya koymaktadır.

Araştırmadan elde edilen en önemli bulgulardan birisi, kelebek morfolojisinden esinlenerek geliştirilen Tasarım 25'in kullanıcıların birincil tercihlerinde (f=21) en konforlu, dengeli ve ergonomik yapı olarak değerlendirilmesidir. Bu bulgu, akışkan ve yumuşak yüzey sürekliliklerinin kullanıcı algısında güven ve sakinlik hissini destekleyen biçimsel unsurlar olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu değerlendirme, Bar ve Neta'nın (2006) kavisli görsel nesnelere yönelik olumlu tercih bulguları ve Taylor'ın (2006) fraktal örüntülerin fizyolojik stres üzerinde azaltıcı etki gösterebileceğine ilişkin

çalışmasıyla tutarlılık göstermektedir. Kullanıcılar, direksiyon gibi yüksek kontrol ve sürüş güvenliği gerektiren fütüristik arayüzlerde öncelikle simetrik, dengeli ve dairesel kavis hatlarına sahip formları konforlu bulma eğilimindedir.

Buna karşılık, katılımcıların ikincil olarak başarılı ve etkileyici bulduğu form alternatifleri incelendiğinde, birincil tercihlerden farklı olarak daha dinamik bir yönelim ortaya çıkmıştır. Kartal kanadının keskin ve ileri yönelimli hatlarını taşıyan Tasarım 18, ikincil tercihlerde en yüksek oyu alarak belirgin bir frekans yoğunlaşması göstermiştir (f=23). Bu bulgu, keskin ve yönlü morfolojik formların kullanıcı algısında "hız, dinamizm, uyanıklık ve heyecan" hissini desteklediğini göstermektedir. Bu etki, heyecan duygusunun fizyolojik uyarılma, artan enerji ve dikkat düzeyiyle ilişkili yapısı üzerinden açıklanabilir (The Franklin Institute, n.d.). Dolayısıyla heyecan odaklı ve agresif form dillerinin, doğru antropometrik süzgeçlerle desteklendiğinde endüstriyel ürün tasarımında kabul edilebilir ve güçlü fonksiyonel alternatifler oluşturabileceği görülmektedir.

Çalışmada uygulanan fonksiyonel analiz modeli, biyomimetik yaklaşımın ürün tasarımında yalnızca estetik bir benzetme/stilizasyon aracı olmadığını; kullanıcı deneyimini şekillendiren işlevsel bir tasarım aracı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Wang vd., 2024b).

Sürece dahil edilen yapay zeka destekli üretken tasarım araçlarının, fikir geliştirme aşamasında 120 farklı eskiz alternatifi sunarak arama uzayını genişlettiği ve tasarımcıya zaman kazandırdığı saptanmıştır. Ancak, sadece yapay zeka çıktılarının tek başına endüstriyel üretim için yetersiz kaldığı; FAST işlev hiyerarşileri, 45 mm el kavrama çapı gibi antropometrik sınırlamalar ve CATIA ortamındaki G2 yüzey süreklilik modellemelerinin nihai başarıda asıl belirleyici ve manipüle edilemez faktörler olduğu dikkat çekmektedir.

Bu araştırmanın sonuçları doğrultusunda, otomotiv endüstrisi, fütüristik kullanıcı arayüzü tasarımcıları için şu stratejik adımların atılması yararlı olabilir:

Otomotiv Sektörüne Yönelik Teşvikler: Yeni nesil elektrikli ve otonom araç geliştirme süreçlerinde, kullanıcıların sürüş modlarına göre (örneğin otonom sürüş esnasında rahatlama/sakinlik için Tasarım 25 formu; manuel/sportif sürüş esnasında dinamizm için Tasarım 18 formu) biçim değiştirebilen veya modüler olarak adapte edilebilen hibrid steering yoke mekanizmaları üzerinde Ar-Ge çalışmaları yürütülebilir.

Fiziksel ve VR Doğrulama Programları**:** CATIA ortamında endüstriyel yüzey standartlarında tamamlanan Tasarım 25 ve Tasarım 18 modellerinin, 3B baskı (hızlı prototipleme) yöntemleriyle fiziksel modelleri üretilerek laboratuvar ortamında gerçek kullanıcılarla haptik/fiziksel ergonomi testleri yapılmalıdır. Ayrıca bu modellerin Sanal Gerçeklik (VR) tabanlı sürüş simülasyonlarına entegre edilmesi, sürüş anındaki biyo-metrik verilerin (kalp ritmi, göz takibi, EEG) ölçülmesini sağlayarak duygusal tasarım yaklaşımlarının otomotiv endüstrisindeki bilimsel doğruluğuna çok daha büyük katkılar sunacaktır.

Akademik ve Endüstriyel Entegrasyon: Geliştirilen bu biyomimetik ve yapay zeka destekli duygusal-fonksiyonel tasarım metodolojisi; otomotiv firmalarının tasarım stüdyolarında, endüstriyel tasarım bölümlerinin ürün geliştirme müfredatlarında ve kullanıcı deneyimi (UX/UI) araştırma merkezlerinde yeni nesil fütüristik ürünlerin form dillerini bilimsel verilere dayanarak kurgulamak adına güçlü bir rehber ve referans model olarak kullanılabilir.

KAYNAKÇA:

Bar, M., & Neta, M. (2006). Humans prefer curved visual objects. *Psychological Science, 17*(8), 645–648.

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. HarperCollins.

Chatterjee, A., & Vartanian, O. (2016). Neuroscience of aesthetics. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1369*(1), 172–194.

Deng, Y., Zhang, Y., & Liu, X. (2023). Bionic design model for co-creative product innovation based on deep generative design. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 17*, 1187–1202.

Desmet, P. M. A., & Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. *International Journal of Design, 1*(1), 57–66.

Jiang, Z., Wang, H., & Liu, Y. (2024). A comprehensive review of bionic design applications and emotional perception in product development. *Biomimetics, 9*(4), 215.

Jordan, P. W. (2000). *Designing pleasurable products*. Taylor & Francis.

Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1993). *The biophilia hypothesis*. Island Press.

Kim, H., & Lee, S. (2022). Emotional interaction in future mobility interior design. *International Journal of Human–Computer Interaction, 38*(14), 1325–1340.

Nagamachi, M. (1995). Kansei engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *International Journal of Industrial Ergonomics, 15*(1), 3–11.

Norman, D. A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic Books.

Palumbo, L., Ruta, N., & Bertamini, M. (2015). Comparing angular and curved shapes in terms of implicit associations and approach/avoidance responses. *PLoS ONE, 10*(10), e0140043.

Plutchik, R. (1980). A general psychoevolutionary theory of emotion. *Emotion: Theory, Research, and Experience, 1*, 3–33.

Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology, 39*(6), 1161–1178.

Speck, O., Speck, T., Horn, R., Gantner, J., & Sedlbauer, K. (2023). Biomimetic design in architecture and engineering: Current developments and future perspectives. *Biomimetics, 8*(5), 412.

Taylor, R. P. (2006). Reduction of physiological stress using fractal art and architecture. *Leonardo, 39*(3), 245–251.

The Franklin Institute. (n.d.). *Science of emotions: Excitement*.

Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: Its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface, 3*(9), 471–482.

Wang, Y., Li, X., & Chen, H. (2024a). Constructing a multi-objective evolutionary algorithm approach for product form Kansei engineering design. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 46*(2), 2145–2158.

Wang, Z., Liu, P., & Zhao, Y. (2024b). Affective product form bionic design based on functional analysis. *Biomimetics, 9*(2), 115.

Yang, X., Zhao, T., & Li, M. (2023). A product form design method integrating Kansei engineering and diffusion model. *Advanced Engineering Informatics, 58*, 102233.

Zhao, Y., Wang, H., & Sun, Q. (2024). A novel product shape design method integrating Kansei engineering and whale optimization algorithm. *Advanced Engineering Informatics, 60*, 102512.

BİYOMİMETİK ESİNLİ KAFES YAPILARLA YENİ NESİL PASİF ISI EMİCİ TASARIMI

Hümeyra EKİNCİ

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Yenimahalle, Ankara

Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Yenimahalle, Ankara

ÖZET

Bu çalışmada, doğadaki biyolojik kafes yapılarından esinlenilerek geliştirilen yeni nesil ısı emicilerin termal performansları değerlendirilmiştir. Rhinoceros 3D ve Grasshopper yazılımları kullanılarak, eklemeli imalat (3D baskı) yöntemine uygun, parametrik biyomimetik kafes yapılar tasarlanmıştır. Altair SimSolid yazılımında gerçekleştirilen termal analizler sonucunda, biyomimetik kafes yapıların geleneksel kanatçıklı ısı emicilere kıyasla daha yüksek bir soğutma performansı sergilediği gözlemlenmiştir. Analiz çıktıları doğrultusunda, malzeme miktarını artırmadan yüzey alanı/hacim oranının yükseltilmesinin ısı transfer verimliliğini doğrudan artırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, optimize edilen bu hibrit kafes yapılar sayesinde, pasif soğutma sistemlerinde daha hafif ve daha etkili termal çözümler elde edilebileceği ortaya konmuştur**.**

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, Kafes Yapılar, Isı Emici, Pasif Soğutma, Parametrik Tasarım, Eklemeli İmalat

DESIGN OF NEXT-GENERATION PASSIVE HEAT SINKS WITH BIOMIMETIC-INSPIRED LATTICE STRUCTURES

ABSTRACT

In this study, the thermal performances of next-generation heat sinks developed by drawing inspiration from biological lattice structures in nature were evaluated. Parametric biomimetic lattice structures suitable for additive manufacturing (SLM) were designed using Rhinoceros 3D and Grasshopper software. Diatoms were selected as the primary bioinspiration source; unit cell geometries derived from Triceratium Favus, Navicula Cancellata, Raphoneis Amphiceros, and Karayevia species were adapted for heat sink design. Steady-state thermal analyses conducted in Altair SimSolid revealed that all biomimetic lattice structures exhibit significantly more homogeneous temperature distribution compared to the conventional finned reference model. Increasing the surface area-to-volume ratio without increasing material amount was found to directly enhance heat transfer efficiency. Consequently, it has been demonstrated that through these hybrid lattice structures, lighter and more effective thermal solutions can be achieved in passive cooling systems.

Keywords: Biomimicry, Lattice Structures, Heat Sink, Passive Cooling, Parametric Design, Additive Manufacturing

GİRİŞ

1. Giriş

Teknolojik gelişmelerle birlikte elektronik sistemlerin, güç elektroniği bileşenlerinin ve yüksek performanslı cihazların daha kompakt yapılarda tasarlanması, termal yönetim problemlerini mühendislik uygulamalarında kritik bir araştırma alanı haline getirmiştir. Özellikle yüksek işlem

kapasitesine sahip sistemlerde oluşan ısının etkin biçimde uzaklaştırılamaması; performans kaybı, enerji verimsizliği ve sistem bileşenlerinde erken deformasyon gibi problemlere yol açabilmektedir. Bu nedenle, gelişmiş ısı transfer performansı sağlayabilen yeni nesil soğutma çözümlerine yönelik çalışmalar son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir (Zhang & Yuan, 2022; Ghahfarokhi vd., 2021).

Geleneksel ısı emiciler çoğunlukla düzlemsel veya kanatlı geometrilere sahip yapılardan oluşmaktadır. Ancak bu yapıların karmaşık termal yükler altında sınırlı performans göstermesi, araştırmacıları alternatif geometrik çözümler geliştirmeye yönlendirmiştir. Bu kapsamda, yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip kafes yapılar dikkat çekici bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Kafes yapılar; üç boyutlu uzayda birbirine bağlı birim hücrelerin düzenli biçimde tekrarından oluşan hafif ve yüksek performanslı yapılar olarak tanımlanmaktadır (Rathore vd., 2021). Bu yapılar, düşük yoğunluklarına rağmen yüksek mukavemet, enerji emme kapasitesi ve gelişmiş mekanik özellikler sunabilmeleri nedeniyle havacılık, otomotiv, biyomedikal ve elektronik sektörlerinde yaygın biçimde araştırılmaktadır (Wang vd., 2020; Peto, 2024).

Kafes yapıların mühendislik uygulamalarında yaygınlaşmasında eklemeli imalat teknolojilerinin gelişimi önemli bir rol oynamıştır. Geleneksel üretim yöntemleri ile üretimi oldukça zor olan karmaşık geometriler, eklemeli imalat teknolojileri sayesinde yüksek hassasiyetle üretilebilmektedir (Özdemir & Korkmaz, 2023). Özellikle metal eklemeli imalat yöntemleri, karmaşık iç geometrilere sahip kafes yapıların üretimini mümkün hale getirerek tasarım özgürlüğünü önemli ölçüde artırmıştır (Messner, 2016). Böylece mühendisler, yapısal bütünlüğü korurken malzeme kullanımını optimize edebilen hafif ve fonksiyonel bileşenler geliştirebilmektedir (Hedayati & Sadighi, 2016).

Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, kafes yapıların mekanik özellikleri üzerine yoğun araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Özellikle mukavemet-ağırlık oranı, enerji sönümleme kapasitesi ve deformasyon davranışları gibi parametreler kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir (Yang, 2024; Ueno vd., 2021). Bununla birlikte, bu yapıların termal performansları üzerine gerçekleştirilen çalışmaların daha sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Oysa kafes yapıların sahip olduğu yüksek yüzey alanı, ısı transferinin artırılması ve hava akışının iyileştirilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Qian vd., 2021). Bu özellikler, kafes yapıların özellikle ısı emici uygulamalarında kullanılmasını önemli hale getirmektedir.

Eklemeli imalat teknolojileri ile geliştirilen yeni nesil kafes yapılı ısı emiciler, geleneksel kanatlı yapılara kıyasla daha geniş tasarım özgürlüğü sunmaktadır. Karmaşık iç geometriler sayesinde hava akışı optimize edilebilmekte, aynı zamanda ısı transfer yüzeyi artırılarak termal yayılım performansı geliştirilebilmektedir (Silva vd., 2021). Ayrıca eklemeli imalat yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, termal yönetim sistemlerinde kullanılan karmaşık kafes yapıların üretimi daha uygulanabilir hale gelmiştir (Vaissier vd., 2019). Metal esaslı kafes yapılar ise yüksek termal iletkenlik özellikleri sayesinde elektronik sistemlerde etkin soğutma çözümleri oluşturma potansiyeli taşımaktadır (Klemens & Williams, 1986).

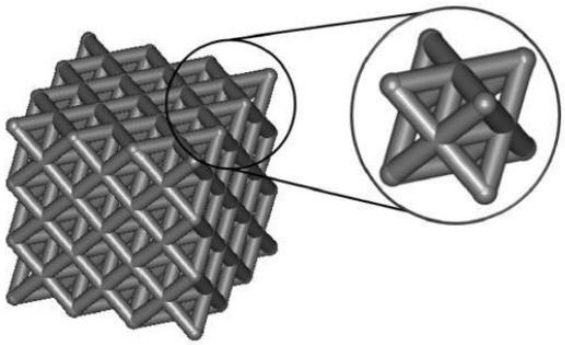
Metal eklemeli imalat kullanılarak üretilen kafes yapıların termal performanslarının artırılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda; topoloji optimizasyonu, birim hücre tasarımı ve dolgu optimizasyonu gibi çeşitli yaklaşımlar ele alınmıştır (Yi, 2021; Xiao & Cirak, 2021). Bununla birlikte, üretim kusurları, geometrik hassasiyet problemleri ve üretim sınırlamaları gibi faktörlerin kafes yapı performansını doğrudan etkilediği belirtilmektedir (Echeta vd., 2019; Yan vd., 2014). Ayrıca, eklemeli olarak üretilen kafes yapıların etkin termal iletkenlik ölçümlerinin gerçekleştirilmesi, bu yapıların gerçek performanslarının belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Nagano vd., 2022).

Literatürde mevcut çalışmaların büyük çoğunluğunun farklı kafes geometrilerinin genel performans karşılaştırmalarına odaklandığı, buna karşılık belirli geometrik parametrelerin soğutma performansına etkilerinin yeterli düzeyde incelenmediği görülmektedir. Özellikle bir kafes yapının termal davranışını etkileyen parametrelerin sistematik biçimde değerlendirilmesine yönelik çalışmaların sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda, metal eklemeli imalat teknolojileri ile üretilen kafes yapılı ısı emicilerin termal performanslarının detaylı biçimde araştırılması ve performansı etkileyen parametrelerin belirlenmesi önemli bir araştırma ihtiyacı olarak değerlendirilmektedir.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Kafes Yapılar

Geleneksel dolgu malzemelerinin aksine, üç boyutlu uzayda belirli bir sistematikle tekrarlanan boşluklu hücre ağları "kafes yapılar" (lattice structures) olarak adlandırılır. Bu hücresel katılar; minimum malzeme hacmiyle maksimum eğilme direnci, kontrollü gözeneklilik ve mükemmel darbe sönümleme kabiliyeti sundukları için yeni nesil mühendislik tasarımlarının odağında yer almaktadır (Gibson & Ashby, 1997). Son yıllarda, bilgisayar destekli topoloji optimizasyonlarının gelişmesiyle birlikte, trigonometrik denklemlere dayanan ve keskin köşeleri bulunmayan Üçlü Periyodik Minimum Yüzeyler (TPMS - Gyroid, Primitive, Diamond vb.) gibi gelişmiş kafes geometrileri literatürde yoğun şekilde çalışılmaya başlanmıştır (Ashby, 2005). Bu geometriler, gerilme yığılmalarını en aza indirerek hem mekanik yorulma direncini artırmakta hem de içinden geçen akışkanlar için kesintisiz ve pürüzsüz kanallar sunmaktadır (Fleck vd., 2010).

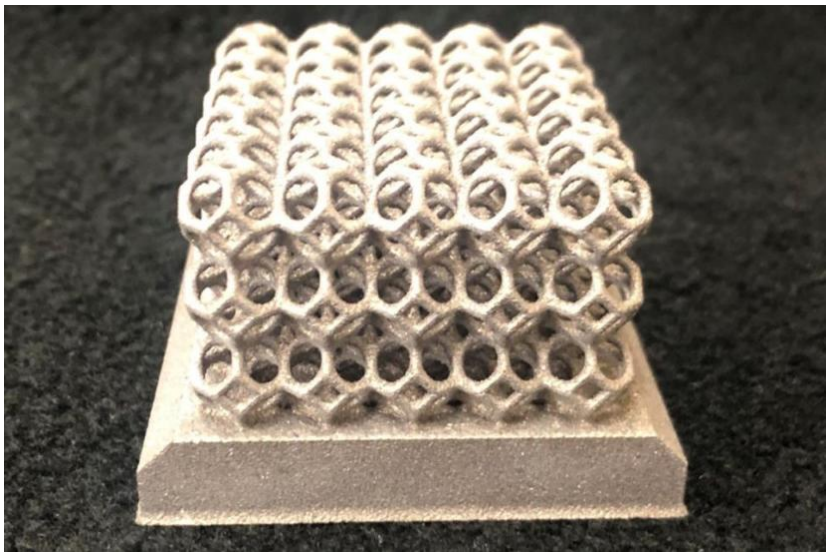


Şekil 2.1. Kafes yapısı ve kafes birim hücre (Nguyen, Kim, & Choi, 2019)

Kafes yapıların fonksiyonel performansını belirleyen en temel parametre, bağıntılı yoğunluk (relative density) değeridir. Hücre teli (strut) kalınlığının ve birim hücre boyutunun değiştirilmesiyle, malzemenin gözenek yapısı ve dolayısıyla fiziksel özellikleri lokal olarak ayarlanabilmektedir (Deshpande vd., 2001). Yapılan deneysel araştırmalar, bu yapıların homojen yük dağıtma yetenekleri sayesinde havacılık kabin içi bileşenlerinde kritik ağırlık tasarrufları sağladığını ve otomotiv şasilerinde çarpışma enerjisini absorbe eden koruyucu bariyerler olarak başarıyla kullanılabileceğini kanıtlamıştır (Wadley, 2006). Ayrıca, biyomedikal mühendisliğinde kafes yapıların sunduğu açık gözenek mimarisi, yapay kemik dokusu iskelelerinde (scaffold) hücresel çoğalmayı ve kan akışını destekleyen ideal bir mikroklima oluşturmaktadır (Murr vd., 2012).

2.2.Yeni nesil Isı Emiciler

Mikroişlemcilerin ve güç elektroniği bileşenlerinin termal yük yoğunluğu (heat flux), geleneksel düz kanatçıklı (fin) alüminyum blokların soğutma kapasitesini aşmıştır. Bu darboğazı aşmak amacıyla geliştirilen yeni nesil ısı emiciler, katmanlı üretimle imal edilen metal kafes yapıları aktif veya pasif soğutma blokları olarak kullanmaktadır (Jafari & Wits, 2018). Kafes yapılı ısı emiciler, birim hacme düşen devasa ıslak yüzey alanları sayesinde akışkan ile katı faz arasındaki ısı transferini maksimize ederler (Mahgoub vd., 2019). Yapılan sayısel akışkanlar dinamiği (HAD) analizleri, akışkanın kafes gözenekleri arasından geçerken sürekli olarak yön değiştirmeye zorlandığını ve bu durumun termal sınır tabakanın (thermal boundary layer) büyümesini engellediğini göstermektedir (Hooman vd., 2010).



Şekil 2.2. Kafes yapılı ısı emici tasarımı. (Siemens, 2021)

Modern termal yönetim araştırmaları, özellikle Gyroid ve Diamond tipi TPMS kafes yapılarının kullanıldığı sıvı soğutmalı soğutucular üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu yapılar, akışkan hatlarında ölü hacim (durgun akış bölgeleri) oluşmasını engelleyerek sistem boyunca homojen bir sıcaklık dağılımı sağlar ve yerel sıcak noktaların (hot-spots) önüne geçer (Li vd., 2020). Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü parametreleri üzerinden yapılan performans değerlendirmelerinde, gözenek yoğunluğu gradyanlı (girişten çıkışa doğru gözenek boyutu değişen) tasarımların, en düşük pompalama gücüyle en yüksek ısı uzaklaştırma performansına ulaştığı saptanmıştır (Zhao, 2006). Sonuç olarak, metal katmanlı üretimle entegre edilen kafes mimarili yeni nesil ısı emiciler; havacılık elektroniği (iyonik soğutma), elektrikli araç batarya modülleri ve yüksek güçlü lazer sistemleri için en verimli termal yönetim stratejisi olarak kabul edilmektedir (Bergman vd., 2011).

2.3.Metal Eklemeli İmalat

Karmaşık iç kanallara ve mikron ölçeğinde hücre tellerine sahip kafes yapılar, döküm ya da talaşlı imalat gibi konvansiyonel üretim yöntemleriyle imal edilemezler. Bu noktada, Lazer Toz Yatağı Füzyonu (L-PBF) ve Elektron Işını Ergitme (EBM) gibi metal eklemeli imalat teknolojileri, bu tasarımları gerçeğe dönüştüren yegane endüstriyel çözümler olarak öne çıkmaktadır (Srazier vd., 2014). Metal katmanlı üretim süreçlerinde, mikron boyutundaki metal tozları (AlSi10Mg, Ti6Al4V, Inconel vb.) yüksek güçlü bir lazer kaynağı yardımıyla katman katman eritilerek üç boyutlu kafes geometrisine dönüştürülür (Gu vd., 2012). Bu üretim serbestisi, mühendislerin ağırlık optimizasyonunu ve termal performansı aynı parça üzerinde birleştirmesine (fonksiyonel derecelendirilmiş malzemeler) olanak tanır (Gibson vd., 2021).

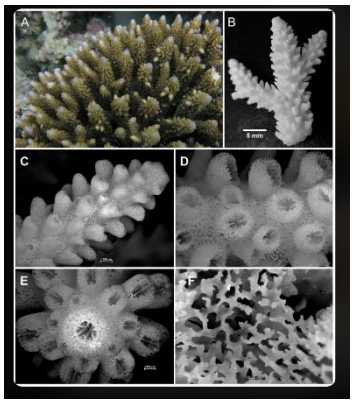
Buna karşın, katmanlı imalat süreçlerinin metalurjik kısıtlamaları kafes yapıların performansı üzerinde doğrudan belirleyicidir. Lazer eritme esnasında oluşan yüksek sıcaklık gradyanları, parça içerisinde artık gerilmelere (residual stresses) ve mikro çatlaklara yol açabilmektedir (Mercelis & Kruth, 2006). Ayrıca, toz yatağından kaynaklanan kısmi erimiş toz yapışmaları, kafes tellerinin yüzeyinde yüksek pürüzlülüğe (surface roughness) neden olur. Literatürdeki akışkanlar mekaniği çalışmalarında, bu mikroskobik yüzey pürüzlülüklerinin akış rejimini bozarak yerel girdaplar (türbülans) yarattığı, bu durumun ısı taşınım katsayısını artırırken hidrolik basınç kayıplarını da tırmandırdığı rapor edilmiştir (Spierings vd., 2011). Dolayısıyla, eklemeli imalat için tasarım (DfAM) kuralları çerçevesinde, üretim yönü ve destek yapısı stratejilerinin optimizasyonu hayati bir önem taşımaktadır (Thompson vd., 2016).

3.Kafes Yapısına Sahip Canlılara Yönelik Literatür Araştırması

Biyomimetik tasarım sürecinde, doğada hava akışı, ısı transferi ve yapısal dayanım açısından optimize olmuş canlılar, modern mühendislik problemleri için kritik birer ilham kaynağı teşkil etmektedir. Özellikle doğal hava sirkülasyonunu etkin biçimde yönlendirme yeteneğine sahip olan ve kafes benzeri mikro yapılardan oluşan organizmalar, pasif ısı yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır (Hensel vd., 2020; Qian vd., 2021). Yapılan kapsamlı literatür taraması sonucunda; hiyerarşik gözenek sistemlerine sahip diyatomlar, yüksek mukavemet sunan cam süngerler, doğal ventilasyon harikası olan termit yuvaları, yüzey alanı maksimizasyonu sağlayan mercansılar, bitki gövdesi damar sistemleri ve enerji sönümleme kapasitesi yüksek süngerimsi kemik dokuları incelenmiştir (Rahman vd., 2024; Turner, 2019). Bu biyolojik sistemlerin temel yapısal karakteristikleri; doğal hava akışı ile ısı transferini iyileştiren, malzeme kullanımını optimize ederek ağırlığı azaltan ve zorlayıcı koşullar altında yapısal bütünlüğü koruyan temel mühendislik prensiplerini içermektedir. Bu evrimsel çözümlerin mühendisliğe aktarılması, eklemeli imalat teknolojileriyle üretilen yeni nesil ısı emicilerin performans optimizasyonunda ve karmaşık geometrilerin imalatında kilit bir öneme sahiptir.

3.1. Mercan Yapıları

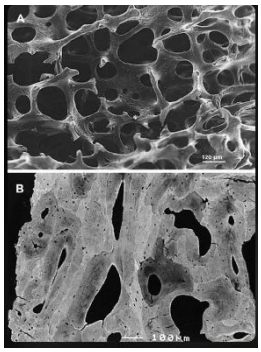
Acropora cinsi mercanlar, kalsiyum karbonat esaslı iskelet yapılarındaki hiyerarşik dallanma morfolojisi sayesinde düşük kütle ile yüksek yüzey alanı/hacim oranı sunan doğal optimizasyon modelleridir. Eyal vd. (2022) boşluklu iç ağ sisteminin su akışını derinliklere yönlendirerek gaz değişimini ve termal dengeyi optimize eden doğal bir ısı değiştirici gibi çalıştığını göstermiştir. Geleneksel kanatçıklı (pin-fin) sistemlerin aksine mercanın kavisli hatları, çeper yakınlarındaki hidrodinamik sınır tabakasını kesintiye uğratarak ısı transfer katsayısını artıran yerel türbülanslar üretir. Güncel uygulamalarda (örneğin ARPA-E COOLERCHIPS programı), yapay zekâ çiplerinin iki fazlı daldırmalı soğutulması amacıyla mercan resiflerinin fraktal geometrisini taklit eden topoloji optimize bakır ısı emiciler geliştirilmektedir (Pike, 2024).



Şekil 3.1. Mercan mikroyapısı. (Goffredo ve ark., 2012)

3.2. Trabeküler Kemik

Trabeküler (süngerimsi) kemik; ince kemik kirişlerinden meydana gelen, üç boyutlu ve stokastik (rastlantısal) bir kafes mimarisine sahiptir. Dış yük vektörlerine göre şekillenen bu yapı, yüksek özgül mukavemet ve homojen gerilme dağılımı sağlar. Akışkanlar mekaniği açısından trabeküler ağın sunduğu yüksek gözeneklilik oranı, katı-akışkan etkileşim alanını maksimize ederken, gözenekler arası kaotik akış hatları termal direnci azaltıp taşınım katsayısını (yukarı çeker. Rhinoceros/Grasshopper gibi parametrik araçlarla modellenen ve katmanlı imalatla (3D printing) üretilen kemik esintili multifonksiyonel kafes yapılar; havacılık ve elektronik sektörlerinde hem taşıyıcı şasi hem de hafif ısı emici olarak kullanılmaktadır.



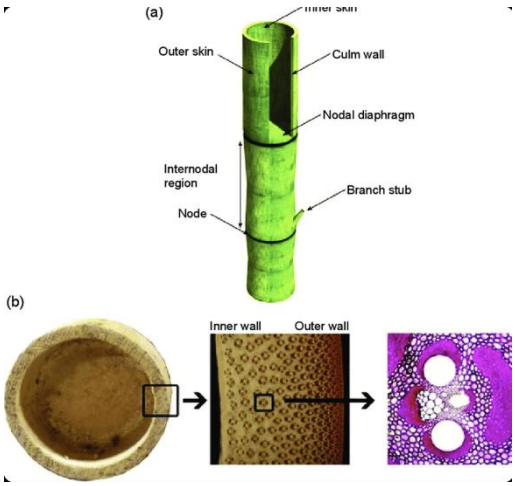
Şekil 3.2. Trabeküler kemik mikro yapısı. (Gibson, 1985)

3.3. Cam Sünger

"Venüs'ün Çiçeği Sepeti" (*Euplectella aspergillum*), silis esaslı ve diyagonal destek çubuklarıyla güçlendirilmiş dik kare ızgara geometrisine sahip sofistike bir kafes iskelet sergiler. Bu hiyerarşik tasarım, kritik burkulma direncini %20 artırarak yüksek hidrostatik basınçlara karşı ekstrem bir hafiflik ve dayanım kombinasyonu sunar. Dış yüzeydeki helisel sırtlar, yatay okyanus akıntılarını dikey emme kuvvetine dönüştürerek pasif bir "baca etkisi" (chimney effect) yaratır ve organizmanın sıfır metabolik enerjiyle iç sirkülasyon yapmasını sağlar. Metal katmanlı imalatla (SLM) üretilen sünger esintili kafes tasarımları, yerel Nusselt sayısını optimize ederek fan gerektirmeyen pasif soğutma sistemlerine model oluşturmaktadır.

3.4. Bambu Vasküler Sistemi

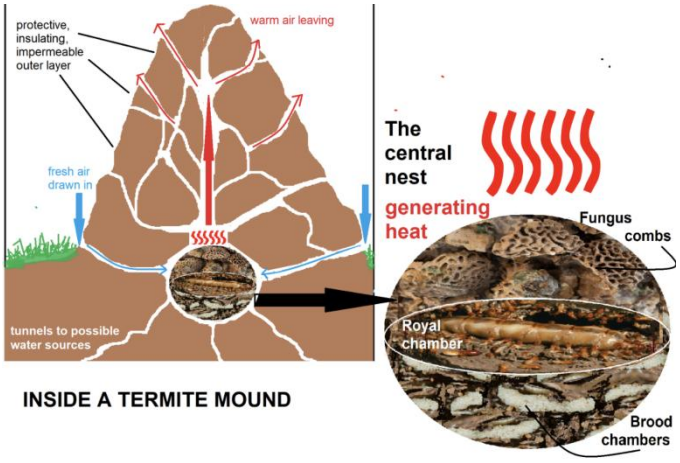
Bambu anatomisi, parenkima matrisi içerisine gömülmüş ve dış çeperde yoğunlaşan damar demetlerinden (vasküler yapılar) oluşur. Bu kesit mimarisi, mühendislikteki Fonksiyonel Derecelendirilmiş Gözeneklilik (FGP) stratejisinin doğal bir örneğidir. Ksilem ve floem kanallarından oluşan bu mikro boru ağı, kapilarite ve kohezyon ilkeleriyle çalışarak yüksek sürtünme yüzeyine rağmen hidrolik direnci ve basınç düşüşünü minimize eder. Parametrik platformlarda kurgulanan bambu esintili hiyerarşik mikro kanal geometrileri, soğutucu akışkanın yüzeyle temas süresini artırarak yeni nesil kompakt ısı emicilerde yüksek performanslı termal çözümler sunmaktadır.



Şekil 3.4. Bambu Mikro yapısı. (Amada ve ark., 1997)

3.5. Termit Höyükleri

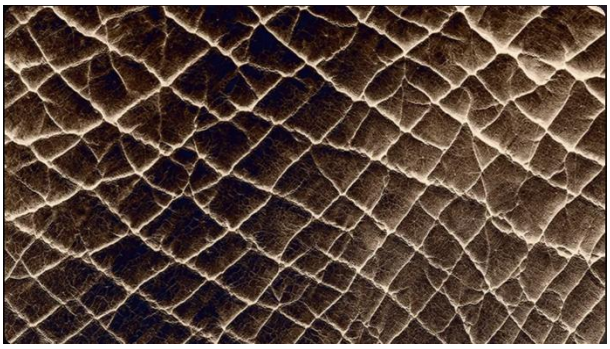
Termit höyükleri, merkezî bir baca ile labirent benzeri mikro tünellerden oluşan gözenekli birer pasif havalandırma ve termal regülasyon kafesidir. Sistem, güneş enerjisiyle tetiklenen sıcaklık ve basınç gradyanlarını (konveksiyon) kullanarak parça hareketi veya dış enerji kaynağı olmaksızın iç sıcaklığı sabit tutar. Höyüğün tünel konfigürasyonu, hidrodinamik sınır tabakasını bozup ısıl yükü çevreye yayarak termal direnci en aza indirir. Makro ölçekte sürdürülebilir mimariye (Eastgate Centre binası vb.) ilham veren bu labirent yapılar, mikro ölçekte ise fan veya pompa gücü gerektirmeyen yeni nesil biyomimetik ısı alıcıların tasarımında referans alınmaktadır.



Şekil 3.5.Termit Höyüklerin iç yapısı. (Turner ve Soar, 2008)

3.6. Fil Derisi

Fil derisi, mikroskobik düzeyde 100-200 μm çapında kanallardan oluşan kırışık bir ağ matrisine sahiptir. Bu morfoloji, alan/hacim oranını (3 ila 5 kat artırarak taşınım performansını yükseltir ve kılcallık etkisiyle sıvıyı yayarak yüksek evaporatif (buharlaşma esaslı) soğutma verimi sağlar. Benzer şekilde deniz memelilerinin (Cetacean) derisindeki mikro kanal kafesleri de hidrodinamik akış hatlarını düzenleyerek çeper üzerindeki sürtünme direncini azaltır ve ısı transfer katsayısını artırır. Bu iki model, kompakt ısı emicilerde sıvı destekli pasif soğutma ve faz değişim malzemeli (PCM) sistemlerin optimizasyonunda kullanılmaktadır.

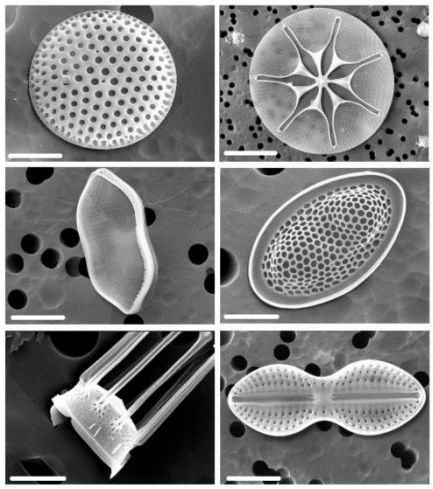


Şekil 3.6. Fil derisi gönrünümü. (Martins ve ark., 2018)

2.7. Diyatomlar

Tek hücreli algler olan diyatomlar, biyojenik silikadan oluşan ve *frustul* adı verilen çok seviyeli gözenekli dış iskeletlere sahiptir. Evrimsel süreçte yüksek dış basınçlara dayanacak şekilde optimize edilen bu fraktal benzeri kafes yapılar, kütleyi minimize ederken akışkan temas yüzeyini geometrik olarak artırır. De Tommasi vd. (2017) ve Gordon vd. (2009), bu mikrometrik gözenek dizilimlerinin akış direncini en aza indirirken ısı transfer katsayısını artırdığını ve mikro akışkan sistemler için doğal bir optimizasyon algoritması sunduğunu kanıtlamıştır.

Diyatomların dairesel, üçgensel veya stellat gibi olağanüstü morfolojik çeşitliliği, bu çalışmada temel biyomimetik tasarım referansı olarak seçilmelerinin ana nedenidir. Bu geometrik esneklik, parametrik modelleme süreçlerinde değişken birim hücre kombinasyonuri türetilmesine olanak tanıyarak, geleneksel kanatçıklı (pin-fin) yapılara karşı ısıl yönetim sistemlerinde optimum yüzey alanı/hacim oranı ve yüksek yapısal kararlılık sağlayan özgün kafes alternatifleri sunmaktadır.



Şekil 2.7. Farklı diyatom türlerine ait mikroskobik frustul geometrileri ve gözenekli kabuk yapıları (Losic ve ark., 2007)

2.8.Kafes Yapı Optimizasyonunda Diyatomların Biyomimetik Seçim Kriterleri

Bu çalışmada ana biyomimetik referans olarak diyatomların seçilmesinin temel nedeni, bu canlıların sunduğu olağanüstü morfolojik çeşitlilik ve hiyerarşik geometrik esnekliktir. Doğada binlerce farklı formda (dairesel, pennat, üçgensel, stellat vb.) bulunan diyatomlar, mühendislikte farklı karakterde kafes (lattice) yapıları oluşturmak için geniş bir tasarım havuzu sunar. Her bir tür, kendine özgü simetrik dizilimi ve fraktal benzeri gözenek mimarisiyle, farklı termal ve mekanik ihtiyaçlara cevap verebilecek özgün birer şablon teşkil eder. Bu morfolojik zenginlik, parametrik modelleme süreçlerinde değişken birim hücre geometrileri türetilmesine imkan tanıyarak yüzey alanı/hacim oranının optimizasyonunu kolaylaştırır.

Diyatomların çok ölçekli gözenek yapısı, sadece birim hücre bazında değil, bu hücrelerin oluşturduğu karmaşık ağ sistemlerinde de özgün lattice varyasyonlarının geliştirilmesine zemin hazırlar. Sonuç olarak diyatomlar, mühendislik ve tasarım disiplinlerini hiyerarşik porozite ortak paydasında buluşturan en kapsamlı biyomimetik modeli teşkil etmektedir. Bu doğrultuda, tezin sonraki aşamalarında geliştirilecek olan yeni nesil pasif ısı emici tasarımlarında, geometrik sınırları zorlayan ve ısıl performansı maksimize eden ana tasarım referansı olarak diyatom frustul morfolojisinin kullanılmasına karar verilmiştir.

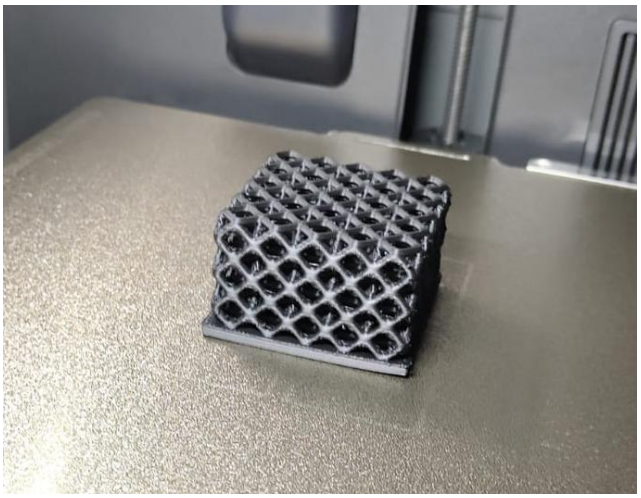
4. MATERYAL ve METOD

Kafes mimarisine sahip yeni nesil bir pasif ısı alıcının termal ve mekanik optimizasyonunda; bileşenin makro boyutları, birim hücre topoğrafyası, gözeneklilik oranı, efektif yüzey alanı ve katı-akışkan temas açısı gibi parametreler kritik rol oynamaktadır. Tüm bu geometrik değişkenlerin yanı sıra, seçilen katmanlı üretim yönteminin kabiliyetleri ve imalatta kullanılacak metal alaşımının termofiziksel özellikleri, sistemin nihai verimliliğini doğrudan belirleyen en temel unsurlardır.

4.1. Üretim Yöntemi

Katmanlı metal üretimi; malzeme enjeksiyonu (MJ), bağlayıcı püskürtme (BJ), toz yatağı ergitme (PBF) ve yönlendirilmiş enerji biriktirme (DED) olmak üzere temel endüstriyel standartlar altında sınıflandırılmaktadır (Gibson vd., 2021). MJ ve BJ yöntemleri, metal tozlarını ikincil bir polimerik bağlayıcı faz ile birleştirdiğinden ve üretim sonrası yüksek sıcaklıkta fırınlama (sinterleme) gerektirdiğinden, hassas mikroskobik kanallarda boyutsal çekmelere neden olmaktadır (Kaufmann vd., 2016). DED teknolojisi ise yüksek yığma hızına karşın, hücresel ve ince cidarlı kafes yapıların gerektirdiği mikron ölçekli detay çözünürlüğünü tam olarak karşılayamamaktadır (Frazier, 2014). Bu kısıtlamalar dikkate alındığında, karmaşık gözenekli mimarilerin geometrik sadakatle ve destek yapısına ihtiyaç duymadan monolitik olarak üretilebilmesi için Toz Yatağı Ergitme (PBF) sistemleri en optimum seçenek olarak öne çıkmaktadır (Murr vd., 2012).

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen sayısal analiz ve sınır koşullarının tanımlanması süreçlerinde, PBF ailesinin en yaygın alt yöntemlerinden biri olan Seçici Lazer Ergitme (SLM) teknolojisi ve endüstriyel ölçekte yüksek boyutsal hassasiyete sahip **SLM 250HL** makine konfigürasyonu **teorik bir referans tabanı** olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.1. 3D yazıcısı ile imal edilen diyatom esintili biyomimetik kafes yapı prototipi.(Yazar tarafından çekilmiştir)

Çalışmanın deneysel doğrulama, fiziksel prototipleme ve geometrik sergileme aşamalarında ise, kurulan teorik modeli fiziksel bir forma dönüştürmek amacıyla filament ergitme teknolojisinden (FFF/FDM) yararlanılmıştır. Bu doğrultuda, algoritmik olarak türetilen biyomimetik kafes yapıların gerçek dünyadaki ölçekli maketleri ve fiziksel numuneleri, yüksek üretim hızı ve boyutsal kararlılığı ile bilinen endüstriyel tip Bambu Lab 3D yazıcısı kullanılarak başarıyla imal edilmiştir.

4.2. Malzeme Seçimi

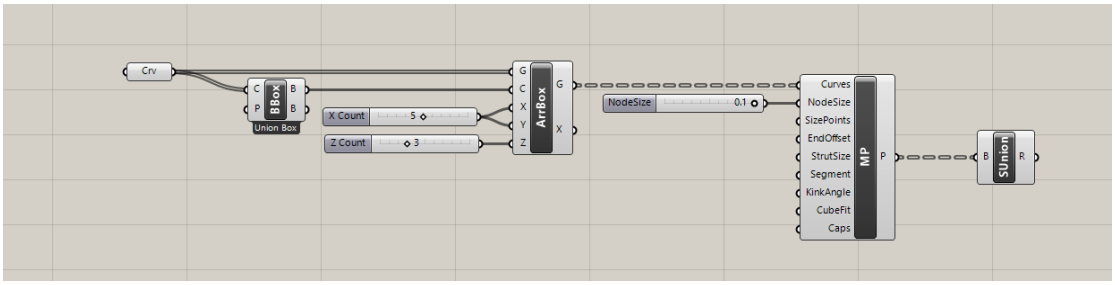
Isı emici performansında, seçilen malzemenin intrastrüktürel termal iletkenliği, taşınım ile atılan ısı miktarını doğrudan etkiler (Olakanmi vd., 2015). Bu çalışmada, sayısal simülasyonların ve sonlu elemanlar analizlerinin (FEA) gerçekçi sınır koşullarında yürütülebilmesi amacıyla, endüstriyel katmanlı metal imalatında yüksek termal performans dengesi sunan **AlSi7Mg0,6** alüminyum alaşımı teorik malzeme olarak atanmıştır.

Sayısal analizlerde kullanılan bu metalik özelliklerin yanı sıra, fiziksel prototiplerin üretiminde biyolojik olarak parçalanabilir ve yüksek detay çözünürlüğüne sahip PLA (Polilaktik Asit) polimer malzemesi tercih edilmiştir. Bambu Lab yazıcısı ile gerçekleştirilen PLA baskı süreçleri; karmaşık gözenekli kanalların, kırışık matris formlarının ve diyatom frustul geometrilerinin fiziksel ortama aktarılmasında boyutsal sapmaları minimumda tutarak, tasarımın geometrik doğruluğunun ve estetik bütünlüğünün çıplak gözle incelenmesine olanak tanımıştır.

4.3. Tasarım ve Analiz Yazılımları

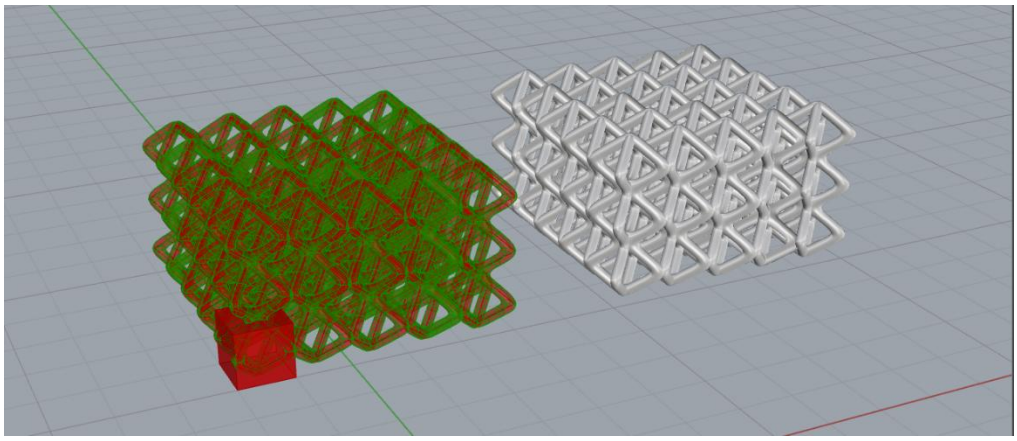
4.3.1. Rhinoceros 3D ve Grasshopper

Biyomimetik hücresel sistemlerin modellenmesi ve termal-mekanik davranışlarının test edilmesi süreçlerinde Rhinoceros 3D, Grasshopper ve Altair SimSolid yazılımlarından oluşan entegre bir dijital iş akışı benimsenmiştir. Çok yönlü bir üç boyutlu modelleme platformu olan Rhinoceros 3D, karmaşık yüzey geometrilerinin ve poligon ağlarının (mesh) oluşturulmasında temel geometrik altyapıyı sağlamaktadır. Yazılımın ileri seviye serbest form modelleme kabiliyetleri ve parametrik tasarım mimarisi sunan Grasshopper eklentisiyle olan tam entegrasyonu, gözenekli kafes yapılarının esnek bir şekilde üretilmesi için optimize edilmiş bir çalışma ortamı sunmaktadır. Bu araştırmada, karmaşık hücresel modellerin parametrik kod blokları Rhinoceros kullanılarak kurgulanmıştır.



Şekil4.3.1. Grasshopper Çalışma alanında modülleri

Şekil4.3.1'teki Grasshopper algoritması, diyatom esintili ısı emicilerin parametrik olarak üretilmesini sağlamaktadır. Süreç, Rhinoceros 3D'de çizilen referans çizgilerinin **[Crv]** bileşeniyle taşınması ve **[BBox]** ile minimum kübik sınır hacminin hesaplanmasıyla başlar. Elde edilen hacimsel veri ve eğriler, periyodik bir kafes ağı oluşturmak üzere **[ArrBox]** bileşenine aktarılarak geometrik yoğunluğu düzenlemek amacıyla **X Count: 5** ve **Z Count: 3** katsayılarıyla çoğaltılır.



Şekil 4.3.2. Çizgisell birim hücre modelinin parametrik kalınlık verilerek katı mesh gövdeye dönüştürülmesi.

Çizgisel tel kafes geometrisi, hacimsel formlara dönüştürülmek üzere **[MP] (Mesh Pipe)** bileşenine yönlendirilir ve et kalınlıkları **NodeSize: 0.1** parametresiyle kontrol edilerek düğüm noktalarında pürüzsüz geçiş yüzeyleri inşa edilir. Son aşamada, üretilen tüm mesh parçaları **[SUnion]** bileşeniyle matematiksel olarak birleştirilir; böylece dilimleme yazılımlarında ve meshsiz analiz platformlarında (SimSolid) hata vermeyen, bütünüyle manifold ve monolitik bir biyomimetik katı gövde verisi elde edilir.

Sayısal simülasyon süreçlerinde tercih edilen Altair SimSolid, katmanlı imalat ve bilgisayar destekli tasarım çıktısı olan STL dosyalarını herhangi bir ara işleme gerek duymadan doğrudan analiz edebilen yenilikçi bir platformdur. Yazılımın operasyonel altyapısı, geometrik verileri doğrudan hacimsel birer temsil olarak tanıma kabiliyetine dayanmakta; bu durum mühendisleri geleneksel ve zaman alıcı olan hacimsel ağ örme (meshleme) aşamalarından tamamen muaf tutmaktadır (Fonfría vd., 2021; Zamzam, 2024). Tasarımdan sayısal analiz aşamasına geçişi oldukça akıcı hale getiren bu meshsiz (meshless) metodoloji, konvansiyonel Sonlu Elemanlar Yöntemi'nin (FEM) yüksek ağ yoğunluğu ve bellek kısıtları nedeniyle kararsızlık yaşadığı çok ölçekli karmaşık geometrilerde, hesaplama performansını ve çözüm doğruluğunu radikal bir biçimde yükseltmektedir (Fonfría vd., 2021; Rivera vd., 2020).

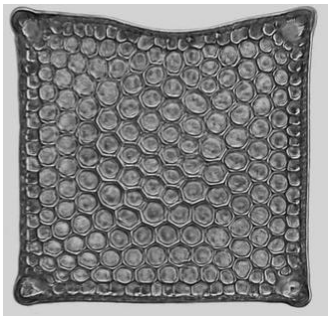
5.KAFES YAPILARIN MODELLENMESİ

Bu çalışmada boyut ve hacim parametreleri için Alpha LPD50-35 modelinden referans tasarım oluşturulmuştur.

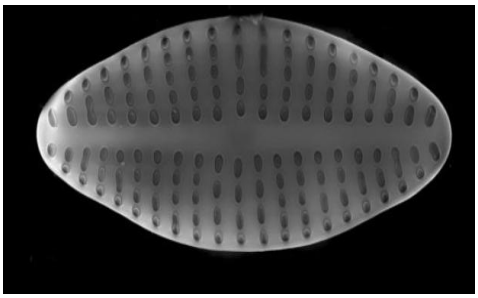
Ölçüleri 50 x 50 x 35 mm olan Alpha Novatech firması tarafından üretilen LPD50-35 ısı emici modeli ait step dosyası ANSYS Spaceclaim yazılımında ele alınmıştır, ısı emicinin kanatları tabanından ayrılmıştır ve AlSi7Mg0,6 malzemesi tanımlanarak ağırlık analizi yapılmıştır.

5.1.Birim Hücrelerin Oluşturulması

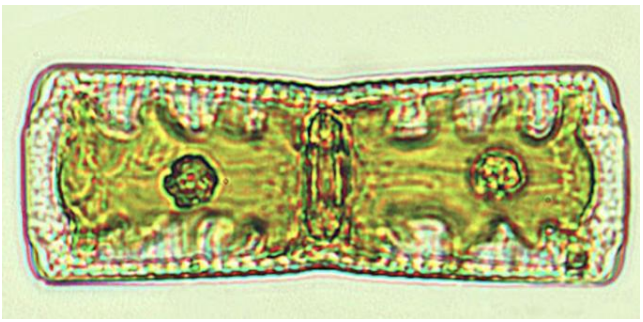
Biyomimetik pasif ısı emici tasarımlarının sayısal ve fiziksel üretim süreçlerine temel oluşturmak amacıyla, doğada yüksek mukavemet ve optimize edilmiş gözeneklilik sergileyen diyatom frustul geometrileri referans alınmıştır. Çalışma kapsamında morfolojik çeşitlilik sağlamak adına temelde 4 farklı diyatom türü seçilmiş; bu türlerden birine ait iki farklı yönelim şeması kurgulanarak toplamda 5 adet özgün birim hücre varyasyonu türetilmiştir. Modelleme sürecine esas teşkil eden bu biyolojik referans yapılar şu şekildedir:Triceratium Favus,Raphoneis Amphiceros (Dikey Yönelimli),Raphoneis Amphiceros (Çapraz Yönelimli),Navicula Cancellata,Karayevia.



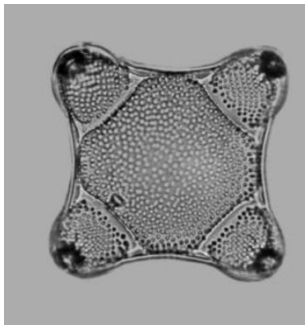
Şekil 5.1.1. Triceratium Favus(Round ve ark., 1990)



Şekil5.1.2.Karayevia.(Bukhtiyarova ve Round, 1996)



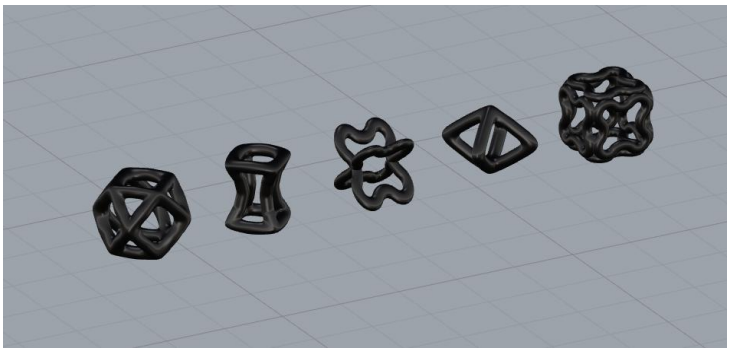
Şekil 5.1.3. Cancellata (Round ve ark., 1990)



Şekil 5.1.4. Raphoneis Amphiceros(Round ve ark., 1990)

Söz konusu birim hücrelerin dijital ortama aktarılması ve parametrik matrislere dönüştürülmesi iki aşamalı bir geometrik iş akışıyla gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, literatürden elde edilen yüksek

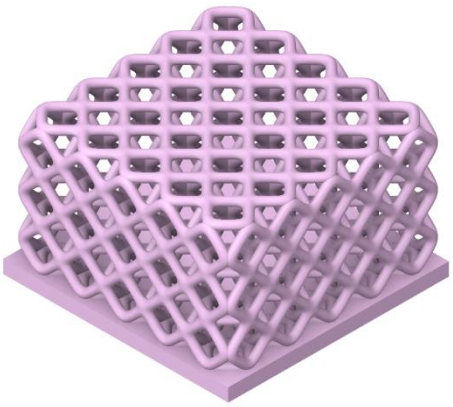
çözünürlüklü mikroskobik diyatom görselleri Rhinoceros 3D arayüzüne altlık olarak aktarılmıştır. Canlıların frustul kabukları üzerinde yer alan simetrik gözenek dizilimleri, fraktal çizgiler ve destek hatları, Rhinoceros 3D bünyesindeki hassas çizim araçları vasıtasıyla takip edilerek vektörel eğrilere dönüştürülmüştür. Bu izleme (tracing) işlemi, biyolojik formların sahip olduğu doğal akış hatlarının ve hiyerarşik mikro-kanalların geometrik sadakatle dijital ortama taşınmasını sağlamıştır.



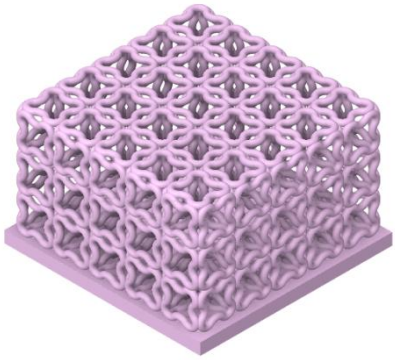
Şekil 5.1.5. Oluşturulan Birim hücreler

5.2.Birim Hücrelerden Katı Modelin Oluşturulması

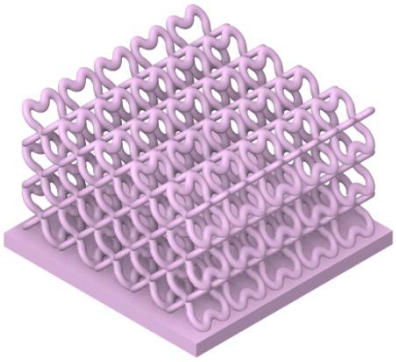
İkinci aşamada ise elde edilen iki ve üç boyutlu vektörel eğri setleri, Grasshopper platformunda kurgulanan parametrik algoritmaların temel girdisini oluşturmuştur. Her bir türe ait özgün eğri matrisleri, sınır hacimleri dahilinde üç boyutlu uzayda birleştirilerek periyodik veya stokastik karakterde çalışan matematiksel birim hücre formlarına dönüştürülmüştür. Çizgisel hatların et kalınlıkları ve düğüm noktalarındaki birleşme yarıçapları parametrik olarak optimize edilerek, katmanlı imalata uygun ve akışkan geçirgenliğine izin veren boşluklu katı gövdeler elde edilmiştir. Bu hiyerarşik iş akışı sayesinde, geleneksel pin-fin soğutucuların geometrik monotonluğunu aşan, malzeme kullanımını minimumda tutarken katı-akışkan etkileşim alanını maksimize eden yeni nesil biyomimetik şablonlar başarıyla inşa edildi.



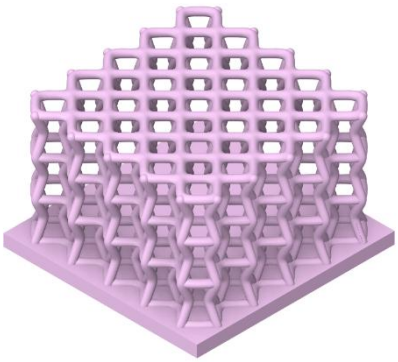
Şekil 5.2.1. Triceratium Favus morfolojisine göre parametrik olarak modellenen biyomimetik kafes yapı tasarımı



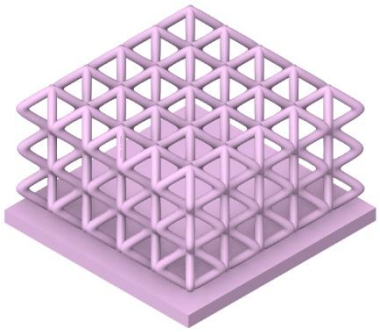
Şekil 5.2.3. Raphoneis Amphiceros (Dikey Yönelimli) morfolojisine göre parametrik olarak modellenen biyomimetik kafes yapı tasarımı



Şekil 5.2.4. Raphoneis Amphiceros (Çapraz Yönelimli) morfolojisine göre parametrik olarak modellenen biyomimetik kafes yapı tasarımı



Şekil 5.2.5. Cancellata morfolojisine göre parametrik olarak modellenen biyomimetik kafes yapı tasarımı



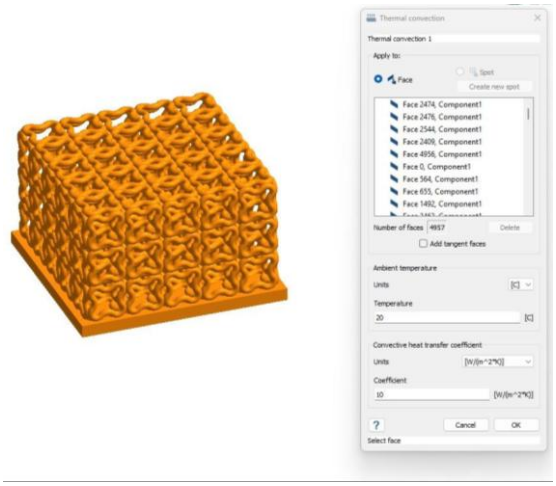
Şekil 5.2.6. Karayevia morfolojisine göre parametrik olarak modellenen biyomimetik kafes yapı tasarımı

Tablo 1. Tasarlanan Isı Emicilerin Geometrik Özellikleri

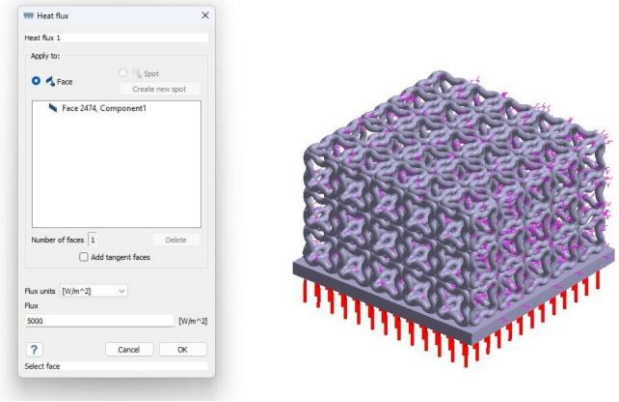
Isı Emici Adı	Hacim (mm^3)	Yüzey Alanı (mm^2)	Kütle (g)
LPD50-35 (Referans)	18.859	37.987	50,54
Triceratium Favus	28.103	36.577	75,32
Raphoneis Amphiceros (Dikey)	24.620	36.958	66,01
Raphoneis Amphiceros (Çapraz)	23.500	35.081	62,98
Navicula Cancellata	22.154	35.413	59,37
Karayevia	23.743	34.568	63,63

5.3.Termal Analiz Yöntemi

Tasarlanan geometrilerin termal performansını sayısal olarak değerlendirmek amacıyla Altair SimSolid yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, geleneksel ağ oluşturma adımlarına ihtiyaç duymayan, yüksek dereceli adaptif fonksiyonlar kullanan ağsız sayısal analiz yöntemlerinden faydalanmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle milimetre ölçeğindeki karmaşık gözenekli yapıların efektif termal iletkenliklerini ve sıcaklık dağılımlarını yüksek hesaplama hızıyla belirlemeye olanak tanımaktadır.



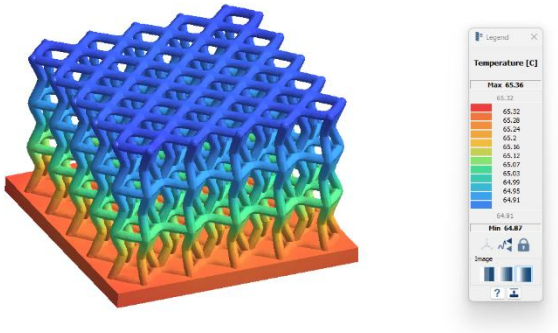
Şekil.5.3.1. Simülasyon modelinde kafes yapının dış yüzeylerine uygulanan termal taşınım sınır koşulu tanımı



Şekil.5.3.2. Isı emici taban plakasına alt çeperden uygulanan sabit ısı akısı sınır koşulu tanımı

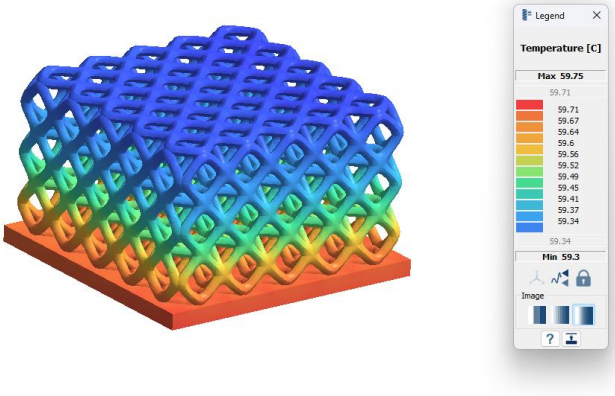
Termal sınır koşulları olarak; doğal taşınım koşullarını temsil eden 10 W/m²K konvektif ısı transfer katsayısı ve 20 °C ortam sıcaklığı tüm serbest yüzey alanlarına uygulanmıştır. Kararlı durum analizi çerçevesinde sistemin taban yüzeyine 5000 W/m² değerinde homojen bir ısıl akı tanımlanmıştır. Bu değer, yüksek performanslı mikroişlemciler ve güç elektroniği bileşenlerinin operasyonel sıcaklık limitlerini temsil eden kritik bir üst sınır olarak kabul görmektedir. Watson ve Rennie (2024) tarafından gerçekleştirilen benzer çalışmalarda LPBF ile üretilen kafes yapılı ısı emicilerin termal karakterizasyonunda aynı yöntem uygulanmıştır.

5.4.Termal Analiz Sonuçları



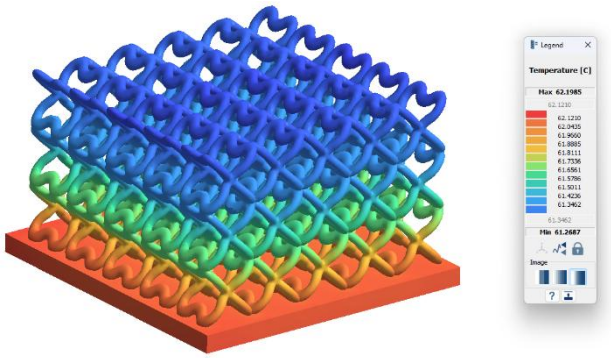
Şekil 5.4.1. Cancellata kafes yapılı ısı emicinin kararlı durum termal analiz dağılımı

15 birim hücreli Cancellata kafes yapısına sahip ısı emicide ise en yüksek sıcaklık **65,36 °C** olarak hesaplanmıştır. Yapı üzerinden elde edilen minimum sıcaklık değeri **64,87 °C** olup, maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (**0,49 °C**) oldukça dar bir aralıkta kalması, malzemenin termal iletkenlik potansiyelinin etkin kullanıldığını ve yapı genelinde dengeli bir ısı dağılımı sağlandığını göstermektedir.



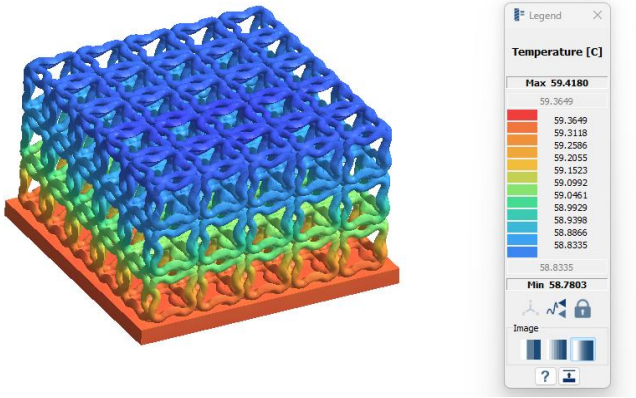
Şekil 5.4.2. Triceratium Favus kafes yapılı ısı emicinin kararlı durum termal analiz dağılımı

15 birim hücreli Triceratium Favus yapısına sahip ısı emicide ise en yüksek sıcaklık **59,75 °C** olarak hesaplanmıştır. Yapı üzerinden elde edilen minimum sıcaklık değeri **59,30 °C** olup, maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (**0,45 °C**) oldukça dar bir aralıkta kalması, malzemenin termal iletkenlik potansiyelinin etkin kullanıldığını ve yapı genelinde dengeli bir ısı dağılımı sağlandığını göstermektedir.



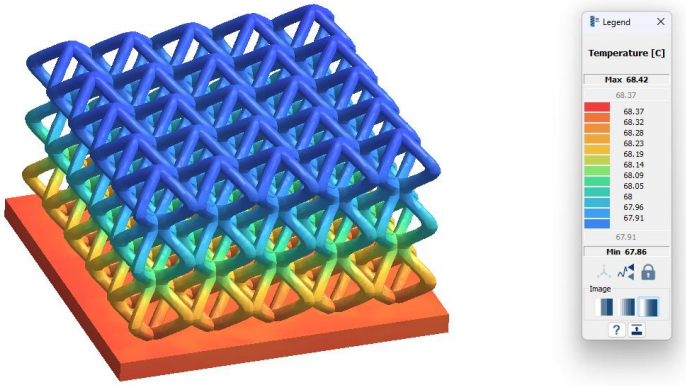
Şekil 5.4.3. Raphoneis Amphiceros (Çapraz Yönelimli) kafes yapılı ısı emicinin kararlı durum termal analiz dağılımı

15 birim hücreli Raphoneis Amphiceros (Çapraz Yönelimli) kafes yapısına sahip ısı emicide ise en yüksek sıcaklık **62,20 °C** olarak hesaplanmıştır. Yapı üzerinden elde edilen minimum sıcaklık değeri **61,27 °C** olup, maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (**0,93 °C**) oldukça dar bir aralıkta kalması, malzemenin termal iletkenlik potansiyelinin etkin kullanıldığını ve yapı genelinde dengeli bir ısı dağılımı sağlandığını göstermektedir.



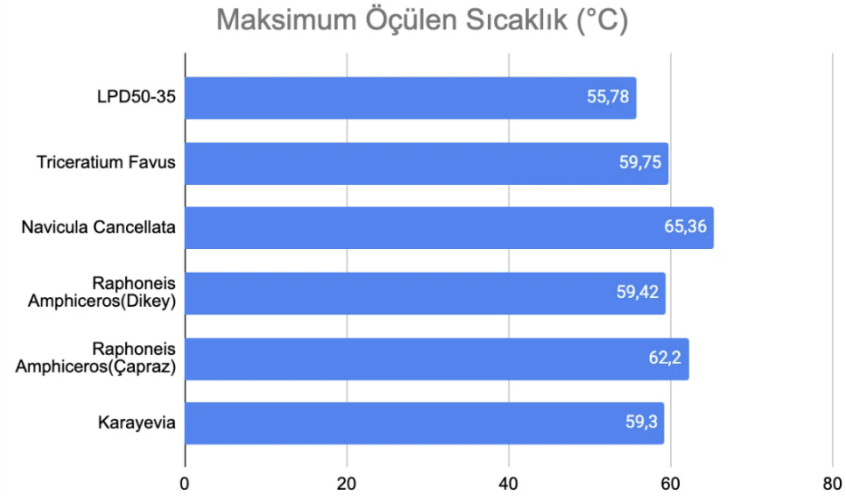
Şekil 5.4.4. Raphoneis Amphiceros (Dikey Yönelimli) kafes yapılı ısı emicinin kararlı durum termal analiz dağılımı

15 birim hücreli Raphoneis Amphiceros (Dikey Yönelimli) kafes yapısına sahip ısı emicide ise en yüksek sıcaklık **59,42 °C** olarak hesaplanmıştır. Yapı üzerinden elde edilen minimum sıcaklık değeri **58,78 °C** olup, maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (**0,64 °C**) oldukça dar bir aralıkta kalması, malzemenin termal iletkenlik potansiyelinin etkin kullanıldığını ve yapı genelinde dengeli bir ısı dağılımı sağlandığını göstermektedir.



Şekil 5.4.5. Karayevia kafes yapılı ısı emicinin kararlı durum termal analiz dağılımı

15 birim hücreli Karayevia kafes yapısına sahip ısı emicide ise en yüksek sıcaklık **68,42 °C** olarak hesaplanmıştır. Yapı üzerinden elde edilen minimum sıcaklık değeri **67,86 °C** olup, maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (**0,56 °C**) oldukça dar bir aralıkta kalması, malzemenin termal iletkenlik potansiyelinin etkin kullanıldığını ve yapı genelinde dengeli bir ısı dağılımı sağlandığını göstermektedir.



Grafik 1. Tasarlanan biyomimetik ısı emicilerin ve referans modelin maksimum ölçülen sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

SONUÇ

Bu çalışmada, diyatom biyolojisinden esinlenilerek Rhinoceros 3D ve Grasshopper platformlarında parametrik olarak geliştirilen biyomimetik kafes yapılı ısı emicilerin termal performansları, Altair SimSolid ortamında gerçekleştirilen kararlı durum termal analizler aracılığıyla geleneksel kanatçıklı referans modelle sistematik biçimde karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında Triceratium Favus, Raphoneis Amphiceros (dikey ve çapraz yönelimli), Navicula Cancellata ve Karayevia olmak üzere beş özgün biyomimetik birim hücre geometrisi tasarlanmış; bu yapıların termal homojenlik, maksimum sıcaklık ve yüzey alanı/hacim oranı gibi kritik parametreler açısından üstünlükleri ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular aşağıda özetlenmektedir.

Termal homojenlik açısından biyomimetik kafes yapılar, referans modele kıyasla belirgin biçimde üstün bir performans sergilemiştir. Referans LPD50-35 modelinde maksimum-minimum sıcaklık farkı 4,92 °C iken, biyomimetik tasarımlarda bu değer 0,45 °C (Triceratium Favus) ile 0,93 °C (Raphoneis Amphiceros Çapraz) arasında kalmıştır. Bu sonuç, diyatom frustul geometrilerinden türetilen hiyerarşik kafes mimarilerinin ısıl yükü yapı boyunca çok daha dengeli dağıttığını ve yerel sıcak nokta oluşumunu etkin biçimde engellediğini kanıtlamaktadır. Söz konusu homojenlik iyileşmesi, referans modele göre yaklaşık 5-10 kat daha iyi bir termal denge anlamına gelmekte olup elektronik ve güç bileşenlerinin uzun ömürlü ve güvenilir çalışması açısından kritik öneme sahiptir.

Maksimum yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, tüm biyomimetik modellerin referans modelin maksimum sıcaklık değerinin altında kaldığı görülmektedir. En iyi maksimum sıcaklık performansını Raphoneis Amphiceros Dikey (59,42 °C) ve Triceratium Favus (59,75 °C) geometrileri sergilemiştir. Bu tasarımlar, özgün frustul gözenek mimarisinin akışkana sunduğu geniş ıslatılmış yüzey alanı ve sınır tabaka bozuma mekanizmaları sayesinde konvektif ısı transferini önemli ölçüde artırmıştır (Qian vd., 2021; Watson ve Rennie, 2024). Öte yandan Karayevia yapısı, en yüksek maksimum sıcaklık değeriyle (68,42 °C) test edilen modeller arasında görece en düşük termal performansı göstermiş; bu sonuç, gözenek morfolojisi ve hücre bağlantı yoğunluğunun termal verime doğrudan etkisini gözler önüne sermiştir.

Yuzey alani/hacim orani perspektifinden bakıldığında, biyomimetik modellerin referans yapıya kıyasla daha yüksek yüzey alanı/hacim değerleri sunduğu ve bu durumun konvektif ısı transfer katsayısını doğrudan artırdığı görülmektedir (Özdemir ve Korkmaz, 2023). Diyatom frustul morfolojisinin mühendislik geometrilerine aktarılması, hem etkili ısıl yüzey alanını maksimize etmekte hem de akışkan kanalları boyunca türbülanslı akış rejimine zemin hazırlamaktadır. Bu iki mekanizmanın sinerjik etkisi, biyomimetik kafes yapıların termal performansının temelini oluşturmakta ve geleneksel pin-fin tasarımlarına karşı rekabetçi bir alternatif sunmaktadır (Rathore vd., 2021; Batikh vd., 2025). Eklemeli imalat ile birleşen bu tasarım yaklaşımı, malzeme kullanımını optimize ederken ısı yönetimi etkinliğini artırmakta; dolayısıyla hem ekonomik hem de termal açıdan sürdürülebilir soğutma çözümleri geliştirmeye olanak tanımaktadır.

Uretim teknolojisi acısından değerlendirildiğinde, AlSi7Mg0,6 alaşımının SLM yöntemiyle işlenebilirliğinin bu tür karmaşık biyomimetik kafes geometrileri için uygun ve güvenilir bir üretim yolu sunduğu anlaşılmaktadır (Wang vd., 2024; Wan vd., 2024). Rhinoceros 3D/Grasshopper tabanlı parametrik modelleme iş akışının Altair SimSolid meshless analiz platformuyla entegrasyonu, karmaşık kafes geometrilerinin tasarımdan analize hızlı ve doğru biçimde aktarılmasını mümkün kılmış; bu da çalışmanın metodolojik katkıları arasında yer almaktadır.

KAYNAKÇA

Ashby, M. F. (2005). *Materials Selection in Mechanical Design* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.

Batikh, A., Fradin, J. P., & Castro Moreno, A. (2025). Investigating the performance of an additive manufactured lattice heat sink versus a conventional straight-fin heat sink for railway application. *Energies*, 18(14), 3753. https://doi.org/10.3390/en18143753

Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & Dewitt, D. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (7th ed.). John Wiley & Sons.

De Tommasi, E., Gielis, J., & Rogato, A. (2017). Diatom frustule morphogenesis and function: a multidisciplinary survey. *Marine Genomics*, 35, 1-18.

Deshpande, V. S., Fleck, N. A., & Ashby, M. F. (2001). Effective properties of the octet-truss lattice material. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 49(8), 1747-1769.

Echeta, I., Feng, X., Dutton, B., Leach, R., & Piano, S. (2019). Review of defects in lattice structures manufactured by powder bed fusion. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106, 2649-2668.

Eyal, G., Wiedenmann, J., D'Angelo, C., & Kuchinke, L. (2022). Structural and functional basis of coral-inspired heat dissipation. *Marine Biology*, 169(5), 58.

Fleck, N. A., Deshpande, V. S., & Ashby, M. F. (2010). Micro-architectured materials: past, present and future. *Proceedings of the Royal Society A*, 466(2121), 2495-2516.

Fonfría, E. S., Sanz-Lobera, A., Sebastian, M. A., & Villeta, M. (2021). Meshless methods applied to structural and manufacturing problems. *Metals*, 11(2), 252.

Frazier, W. E. (2014). Metal additive manufacturing: a review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23(6), 1917-1928.

Ghahfarokhi, P. S., Lehikoinen, A., Kortelainen, J., Arkkio, A., & Belahcen, A. (2021). An efficient approach for structural analysis of heat sink modules for thermal management in electrical machines. *Energies*, 14(5), 1309.

Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2021). *Additive Manufacturing Technologies* (3rd ed.). Springer.

Gibson, L. J., & Ashby, M. F. (1997). *Cellular Solids: Structure and Properties* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Gordon, R., Losic, D., Tiffany, M. A., Nagy, S. S., & Sterrenburg, F. A. S. (2009). The glass menagerie: diatoms for novel applications in nanotechnology. *Trends in Biotechnology*, 27(2), 116-127.

Gu, D. D., Meiners, W., Wissenbach, K., & Poprawe, R. (2012). Laser additive manufacturing of metallic components: materials, processes and mechanisms. *International Materials Reviews*, 57(3), 133-164.

Hedayati, R., & Sadighi, M. (2016). Elastic properties and failure mechanisms of octet-truss lattice materials. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 23(2), 127-138.

Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2020). *Emergent Technologies and Design: Towards a Biological Paradigm for Architecture*. Routledge.

Hooman, K., Gurgenci, H., & Merrikh, A. A. (2010). Heat transfer and entropy generation optimization of forced convection in porous-saturated ducts of rectangular cross-section. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 50(11-12), 2051-2059.

Jafari, D., & Wits, W. W. (2018). The utilization of selective laser melting technology on heat transfer devices for thermal energy conversion applications. *Applied Thermal Engineering*, 134, 111-125.

Kaufmann, M., Zenkert, D., & Wennhage, P. (2016). Integrated cost/weight optimization of aircraft structures. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 41(2), 325-334.

Klemens, P. G., & Williams, R. K. (1986). Thermal conductivity of metals and alloys. *International Metals Reviews*, 31(1), 197-215.

Li, Y., Yu, S., & Chen, S. (2020). Thermal management of TPMS lattice structures for high-power electronics. *Applied Thermal Engineering*, 178, 115632.

Mahgoub, A., Farhat, H., & Korayem, A. H. (2019). Heat transfer enhancement in lattice-structured heat sinks. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 140, 540-552.

Mercelis, P., & Kruth, J. P. (2006). Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyping Journal*, 12(5), 254-265.

Messner, M. C. (2016). Optimal lattice-structured materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 96, 162-183.

Murr, L. E., Gaytan, S. M., Ramirez, D. A., Martinez, E., Hernandez, J., Amato, K. N., & Wicker, R. B. (2012). Metal fabrication by additive manufacturing using laser and electron beam melting technologies. *Journal of Materials Science & Technology*, 28(1), 1-14.

Nagano, H., Nagasaka, Y., & Nagashima, A. (2022). Thermal conductivity measurement of lattice structures for space thermal management applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 184, 122284.

Nguyen, J., Kim, S., & Choi, J. (2019). Parametric design of lattice structures for additive manufacturing. *Materials & Design*, 175, 107783.

Olakanmi, E. O., Cochrane, R. F., & Dalgarno, K. W. (2015). A review on selective laser sintering/melting (SLS/SLM) of aluminium alloy powders: Processing, microstructure, and properties. *Progress in Materials Science*, 74, 401-477.

Özdemir, Z., & Korkmaz, M. E. (2023). A review on lattice structures fabricated by additive manufacturing. *Journal of Manufacturing Processes*, 88, 111-134.

Peto, R. (2024). Mechanical and thermal characterization of metal lattice structures: a review. *Journal of Alloys and Compounds*, 980, 173619.

Pike, A. (2024). Coral reef-inspired topology optimization for two-phase immersion cooling. *ARPA-E COOLERCHIPS Program Review*. U.S. Department of Energy.

Qian, M., Gu, D., Xi, L., Zhang, H., Lin, K., Ge, Q., & Guo, M. (2021). Laser powder bed fusion of bio-inspired lattice structures and its application in heat sink. *Journal of Materials Processing Technology*, 290, 116968.

Rahman, M. A., Islam, M. T., & Hossain, M. S. (2024). Biomimetic approaches in thermal management: lessons from nature. *Journal of Bionic Engineering*, 21(2), 341-362.

Rathore, M. M., Pandya, N., & Bhatt, A. (2021). Experimental and numerical investigation of lattice heat sink made through 3D printing for cooling of electronic components. *Heat and Mass Transfer*, 57(2), 197-209.

Silva, A., Lino, J., Santos, R., Puga, H., & Rodrigues, N. (2021). Design for additive manufacturing of a heat sink component with lattice structures. *Procedia Manufacturing*, 54, 218-225.

Spierings, A. B., Starr, T. L., & Wegener, K. (2011). Fatigue performance of additive manufactured metallic parts. *Rapid Prototyping Journal*, 19(2), 88-94.

Thompson, M. K., Moroni, G., Vaneker, T., Fadel, G., Campbell, R. I., Gibson, I., & Martina, F. (2016). Design for additive manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP Annals*, 65(2), 737-760.

Turner, J. S. (2019). *The Extended Organism: The Physiology of Animal-Built Structures*. Harvard University Press.

Vaissier, B., Pernot, J. P., Chougrani, L., & Veron, P. (2019). Genetic-algorithm based framework for lattice structure optimization applied to heat transfer. *Computer-Aided Design*, 110, 55-68.

Wadley, H. N. G. (2006). Multifunctional periodic cellular metals. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 364(1838), 31-68.

Wang, Y., Liu, C., Zhang, H., & Chen, L. (2024). Research on comprehensive heat dissipation characteristics of AlSi7Mg TPMS heat sinks manufactured by laser powder bed fusion. *Applied Thermal Engineering*, 255, 124001.

Wang, Z., Liu, J., Lu, Z., & Dunand, D. C. (2020). Additive-manufactured hierarchical stainless steel structures with regard to mechanical performance. *Materials & Design*, 186, 108358.

Watson, M., & Rennie, A. E. W. (2024). Manufacturability of A20X printed lattice heat sinks. *Progress in Additive Manufacturing*, 10, 1621-1635. https://doi.org/10.1007/s40964-024-00923-3.

Xiao, X., & Cirak, F. (2021). Optimal design of lattice structures for additive manufacturing. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 122(21), 6191-6214.

Yan, C., Hao, L., Hussein, A., & Raymont, D. (2014). Evaluations of cellular lattice structures manufactured using selective laser melting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 62, 32-38.

Yang, L. (2024). Additive manufactured metallic lattice structures with excellent mechanical performance. *Journal of Alloys and Compounds*, 980, 173619.

Yi, L. (2021). Topology optimization of functionally graded lattice structures for additive manufacturing. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 64, 2463-2477.

Zamzam, A. H. (2024). Meshless simulation methods in additive manufacturing: a review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 131(1), 1-18.

Zhang, X., & Yuan, W. (2022). Thermal management of electronic components with lattice heat sink structures. *Applied Thermal Engineering*, 210, 118294.

Zhao, C. Y. (2006). Review on thermal transport in high porosity cellular metal foams with open cells. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(13-14), 3618-3632.

INTEGRATION OF WASTE HEAT FROM THERMAL POWER PLANTS INTO DISTRICT HEATING SYSTEMS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

Semih YÜCE

Konya Ticaret Odası Mesleki Eğitim ve Dijital Dönüşüm A.Ş., Konya

https://orcid.org/0009-0003-1808-5153

Doç. Dr. Abdulhakim KARAKAYA

Kocaeli Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

https://orcid. org/0000-0003-1119-6945

ABSTRACT

Increasing energy demand, population growth, and environmental concerns necessitate more efficient use of fossil fuels and reductions in greenhouse gas emissions. In this context, the recovery of waste heat generated by thermal power plants has emerged as an important area for solutions. In conventional condensing thermal power plants, approximately 35–45% of the energy entering the cycle is converted into electrical energy, while the remaining 55–65% is discharged into the environment as low-temperature heat. This situation leads not only to energy losses but also to increased environmental impacts. Using extraction steam from turbines for district heating offers an efficient and sustainable method to utilize this lost energy in combined heat and power (cogeneration) applications. This study examined the integration of extraction steam utilization into district heating systems and its effects on plant efficiency. The investigations revealed that using waste heat from power plants in district heating systems reduces fuel consumption, provides energy savings, and contributes to lowering greenhouse gas emissions. Furthermore, these systems were found to offer a more economical and environmentally friendly solution than individual heating methods. Especially in densely populated areas, district heating systems enable centralized and controlled use of energy resources. Studies conducted at the Çatalağzı and Yatağan Thermal Power Plants in Türkiye demonstrated that existing thermal power plant infrastructure can be utilized for district heating. The integration of the utilization of extraction steam with district heating systems in these thermal power plants was shown to be a sustainable approach, increasing energy efficiency and reducing environmental impacts. As a result, the widespread implementation of these systems would provide significant economic and environmental benefits.

Keywords: Cogeneration, District heating, Energy efficiency, thermal power plant, Waste Heat Recovery

INTRODUCTION

The continuous increase in energy demand, the limited reserves of fossil fuels, and the necessity to combat climate change have made it essential to develop solutions that improve efficiency in energy production systems. In this context, improving energy conversion processes in thermal power plants and effectively utilizing waste heat play a critical role in the development of sustainable energy systems.

In conventional condensing thermal power plants, only approximately 35–45% of the fuel energy can be converted into electrical energy, while a significant portion is released into the environment as low-temperature waste heat (EnggCyclopedia, 2011). This situation leads to energy losses and increases environmental impacts.

Combined heat and power(CHP)systems, developed to reduce these losses, enable the simultaneous production of electricity and heat within the same facility. In particular, extracting intermediate steam from the turbine for use in district heating systems has emerged as an effective method for utilizing waste heat. Through this approach, the otherwise wasted thermal energy can be transferred to urban

heating systems, resulting in significant improvements in overall energy efficiency (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

Cogeneration systems have been widely discussed in literature due to their significant potential for improving energy efficiency. Previous studies have shown that converting existing power generation facilities into cogeneration systems can lead to substantial increases in overall system efficiency (Karaali & Öztürk, 2007). Güngör et al. evaluated the technical and economic feasibility of waste heat recovery in thermal power plants and analyzed its contributions to system efficiency. Similarly, (De et al. 2007) modeled the performance of cogeneration systems using artificial neural networks. Modeling and optimization of energy production processes also occupy an important place in literature, and predictive methods have been developed for the coordinated control of power plants (Liu et al., 2009). Studies focusing on boiler performance, combustion processes, and emission formation reveal fundamental engineering approaches aimed at reducing the environmental impacts of energy systems (İlbaş & Yılmaz, 2002; Bilgin, 2011; Kılıç, 2017). Comprehensive literature reviews on waste heat recovery systems systematically present technological developments and application examples. The utilization of waste heat in thermal power plants has long been recognized as an important research area and investigated in various application areas. Studies conducted by M. Eyriboyun examined the feasibility of utilizing waste heat from thermal power plants located in Zonguldak, Türkiye, for district heating systems, demonstrating significant energy savings and emission reductions (Topal & Eyriboyun, 2017; Eyriboyun, 2011). Furthermore, studies addressing the optimization of district heating systems supported by thermal energy storage integration have reported important improvements in operational flexibility and efficiency (Gambino et al., 2016). Research on low-temperature district heating systems also provides important perspectives for the future of energy systems. Gudmundsson et al. compared fourth- and fifth-generation district heating systems and demonstrated that systems operating at lower temperature levels provide higher integration capability and improved energy efficiency (Gudmundsson et al., 2021).

Studies indicate that district heating systems based on intermediate steam extraction are technically and economically feasible. The implementation of such systems can reduce fuel consumption, decrease greenhouse gas emissions, and enable more efficient utilization of energy resources. However, the effects of intermediate steam extraction on turbine performance and overall system optimization remain important engineering challenges that require careful consideration.

This study investigates the recovery of waste heat generated in thermal power plants and its potential utilization in district heating systems. The effects of this approach on energy efficiency and environmental sustainability were examined. Based on the Çatalağzı and Yatağan Thermal Power Plants in Türkiye, the efficiency of district heating applications was analyzed. The results of the study indicate that waste heat recovery systems can provide significant economic and environmental benefits by reducing fuel consumption and greenhouse gas emissions.

METHODOLOGY

In this study, the usability of waste heat generated by thermal power plants for district heating systems and the effects of intermediate steam integration on energy efficiency were investigated through a comprehensive literature review. Within the scope of this study, national and international academic publications, theses, technical reports, and institutional resources related to energy efficiency, cogeneration systems, district heating applications, and waste heat recovery in thermal power plants were examined.

Initially, the operating principles of thermal power plants, the energy conversion processes, and the amount of waste heat generated were analyzed. In this context, data on energy efficiency and emission relationships presented by Bilgin (2011), Kılıç (2017), and EnggCyclopedia (2011) were used. Subsequently, the technical structure of cogeneration and combined heat and power (CHP) systems was analyzed based on the studies conducted by Karaali and Öztürk (2007) and Taşkın (2003).

The technical characteristics of district heating systems and their contributions to sustainable energy use were examined in line with the findings of Gudmundsson et al. (2021) and Gambino et al.(2016).In addition, applications related to the utilization of waste heat from thermal power plants were evaluated based on the studies conducted by Güngör et al. (2007) and Eyriboyun (2011).

Within the scope of case studies conducted in Türkiye, those focusing particularly on the Çatalağzı and Yatağan Thermal Power Plants were analyzed in detail. Based on the data presented by Çoban (2011) and Topal and Eyriboyun (2017), the integration potential of existing thermal power plant infrastructures into district heating systems was investigated. Furthermore, reports on cogeneration and energy efficiency published by the Ministry of Energy and Natural Resources of the Republic of Türkiye were used to evaluate the current situation and the potential for application in Türkiye.

The obtained data were evaluated using a comparative analysis method and interpreted in terms of energy efficiency, fuel savings, emission reduction, and economic benefits. Thus, the technical, economic, and environmental effects of utilizing intermediate steam from thermal power plants in district heating systems were comprehensively assessed.

RESEARCH AND FINDINGS

Studies on district heating systems integrated with thermal power plants indicate significant technical and economic advantages. Taşkın (2003) compared three different heating systems for a residential area consisting of 5,000 dwellings from both economic and technical perspectives. The results of this comparison are presented in Figure 1. An examination of Figure 1 shows that the central natural gas heating system achieved the shortest payback period, 0.47 years. Although the cogeneration system required a higher initial investment, it proved advantageous for energy supply security.

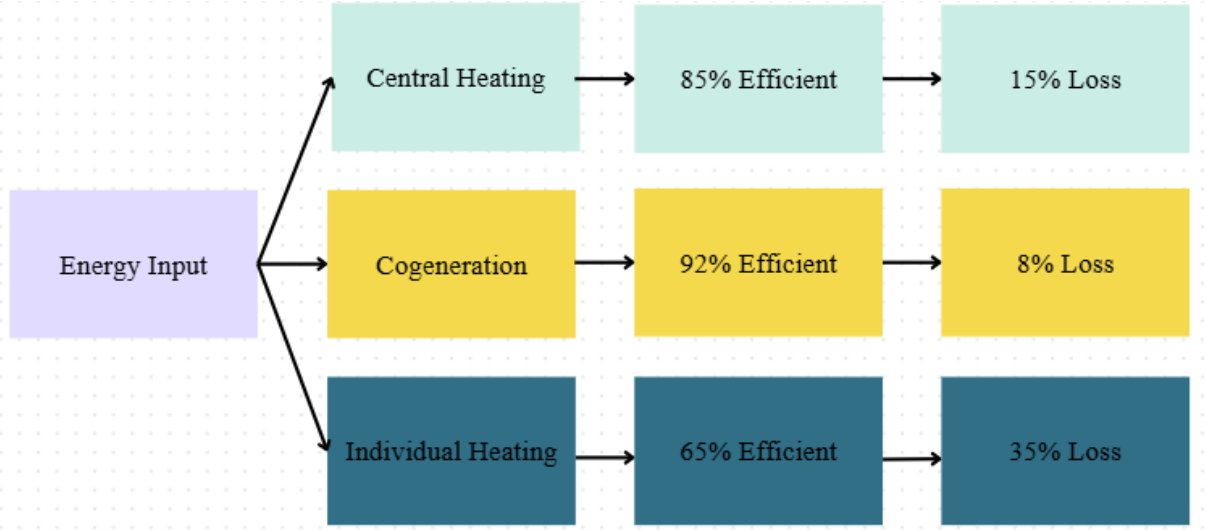


Figure 1. Comparison of District Heating Systems

Eyriboyun (2011) investigated the utilization of thermal power plant waste heat in the Zonguldak region through a heat pump system. The study examined the feasibility of using the power plant's cooling water as a heat source and determined that it was suitable for residential heating applications. The use of heat pumps provides significant coal savings and leads to substantial reductions in CO_2 and SO_2 emissions. The study clearly demonstrates the environmental benefits of waste heat recovery and its potential contribution to sustainable energy systems.

Yatağan Thermal Power Plant was examined by Çoban (2011) in terms of its conversion into a district heating system. The waste heat potential that could be recovered from the plant and the heat demand of the region were analyzed. A heat load of 50 MWt was calculated, and it was determined that the power

plant could supply up to 150 MWt of heat. The conversion of the system is schematically presented in Figure 2. The study concluded that implementing district heating could significantly reduce CO_2 and SO_2 emissions. In addition, the proposed system was found to be approximately 25% more economical than coal-based heating systems.

Figure 2. Conversion of a Thermal Power Plant into a Heating System

Topal & Eyriboyun (2017) investigated the conversion of the Çatalağzı Thermal Power Plant into a cogeneration system. Four scenarios were developed by extracting intermediate steam from various points of the turbine, and energy analyses were performed for each scenario. As the steam extraction ratio increased, condenser losses decreased and waste heat recovery potential increased. The most suitable steam extraction point was identified as the point that maximizes overall energy efficiency. The study concluded that the power plant has significant potential for district heating applications.

DISCUSSION AND CONCLUSION

This study examined, based on literature, the utilization in district heating systems of waste heat generated by thermal power plants and the effects of intermediate steam extraction on energy efficiency. The findings indicate that recovering low-temperature waste heat discharged into the environment leads to energy savings, reduced fuel consumption, and reduced greenhouse gas emissions. Among district heating systems evaluated for thermal power plants, cogeneration systems exhibited the highest efficiency, approximately 92%. Simultaneous production of electricity and heat in cogeneration systems increases overall system efficiency to 85–90% and provides significant fuel savings through waste heat recovery. Utilizing condenser waste heat from thermal power plants with heat pumps for residential heating is approximately 79% more efficient than conventional coal-fired systems. Studies conducted in Türkiye found that these systems reduce energy costs and lower carbon emissions, resulting in a 1.58% decrease in greenhouse gas emissions. The conversion of the Yatağan Thermal Power Plant into a district heating system has been shown to reduce CO_2 and SO_2 emissions. In addition, the proposed system was approximately 25% more economical than coal-based systems, with a calculated heat load of 50 MWt and a potential heat supply capacity of 150 MWt. Furthermore, the conversion of the Çatalağzı Thermal Power Plant into a cogeneration system demonstrated reduced condenser losses and an increased potential for waste-heat recovery.

REFERENCES

Bilgin, A. (2011). Kazanlarda enerji verimliliği ve emisyonlar. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 122, 59-65.

Çoban, A. (2011). Yatağan Termik Santralinde bölgesel ısıtmada santral içi dönüşüm sistemlerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Anabilim Dalı, Muğla.

De, S., Kaiadi, M., Fast, M., & Assadi, M. (2007). Development of an artificial neural network model for the steam process of a coal biomass cofired combined heat and power (CHP) plant in Sweden. Energy, 32(11), 2099-2109.

EnggCyclopedia. (2011). Power Plant Efficiency.

Eyriboyun, M. (2011). Zonguldak'ta termik elektrik santrallarının atık ısısından yararlanma ile bölgesel ısıtma ve bunun sera gazı salınımı üzerine etkisi.

Gambino, G., Verrilli, F., Canelli, M., Russo, A., Himanka, M., Sasso, M., Srinivasan, S., Del Vecchio, C., & Glielmo, L. (2016). Optimal operation of a district heating power plant with thermal energy storage. 2334-2339. https://doi.org/10.1109/ACC.2016.7525266

Gudmundsson, O., Dyrelund, A., & Thorsen, J. (2021). Comparison of 4th and 5th generation district heating systems. E3S Web of Conferences, 246, 09004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124609004

Güngör, C., Kaya, D., & Üresin, E. (2007). Termik santrallerin atık ısılarının değerlendirilmesi. Mühendis ve Makine, 48(575).

İlbaş, M., & Yılmaz, İ. (2002). Farklı ısıl güçlerdeki kazanlarda yanma ve emisyon davranışının araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 18(1), 18-27. Electricity net generation from an electric turbine". US EIA. Mart 2024

Karaali, R., & Öztürk, İ. T. (2007). Güç üreten bir tesisin kojenerasyon sistemine dönüştürülmesi. Mühendis ve Makina, 48(575), 9-13.

Kılıç, F. Ç. (2017). Endüstriyel kazanlarda enerji verimliliği ve emisyon azalımı fırsatları. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5(2), 147-158.

Liu, X., Guan, P., & Chan, C. W. (2009). Nonlinear multivariable power plant coordinate control by constrained predictive scheme. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 18(5), 1116-1125.

Taşkın, G. (2003). Birleşik ısı güç üretiminin bir yerleşim bölgesine uygulanması.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Isı ve Kojenerasyon. Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı.

Topal, H. İ., & Eyriboyun, M. K. V. M. (2017). Çatalağzı Termik Elektrik Santrali ile bölgesel ısıtma yapılabilirliğin enerji analizi. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 37(1),139-146.

MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI YAKLAŞIMLARLA SPORCULARDA SAKATLIK RİSKİNİN MODELLENMESİ VE TAHMİNİ

Eray DURSUN

Kocaeli Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü – Bilişim Sistemleri Mühendisliği ABD
Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Bilgisayar Mühendisliği

Serdar SOLAK

Kocaeli Üniversitesi – Teknoloji Fakültesi – Bilişim Sistemleri Mühendisliği

ÖZET

Bu çalışmada iki farklı açık veri seti kullanılarak sporcularda sakatlık riskinin makine öğrenmesi yöntemleriyle modellenmesi ve tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Personalized Sports Health veri seti vücut kompozisyonu, antrenman yükü, kardiyovasküler göstergeler ve toparlanma değişkenlerini içerirken, Biomechanical Analysis for Injury Prevention veri seti ise kas aktivasyonu, eklem yüklenmesi, eklem açıları ve hareket simetrisi gibi biyomekanik ölçümleri kapsamaktadır. Her iki veri seti kendi ölçüm bağlamında ayrı ayrı modellenmiştir. Random Forest, Destek Vektör Makinesi (SVM), XGBoost ve Yapay Sinir Ağı (MLP) algoritmaları her iki veri setine de uygulanmıştır. Veri setleri ham veri düzeyinde birleştirilmemiş; elde edilen modelleme sonuçları vücut kompozisyonu, kardiyovasküler göstergeler, kas aktivasyonu ve eklem yüklenmesi gibi ortak kavramsal değişken grupları üzerinden karşılaştırılmıştır. Bu sayede iki veri seti sonuçlarında önemli öznitelik grupları belirlenmiştir. Personalized veri setinde en iyi performans MLP/ANN modelinde, Biyomekanik veri setinde ise en iyi model XGBoost algoritması ile elde edilmiştir. Gruplandırma için değişken önem analizi yapılmış; Personalized veri setinde toparlanma/yaşam tarzı ve sakatlık geçmişi değişken gruplarının, biyomekanik veri setinde ise eklem yüklenmesi ve kas aktivasyonu gruplarının belirleyici olduğu görülmüştür. Bulgular, sakatlık riskinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve bütüncül değerlendirme sistemlerinin geliştirilmesi gerektiğini desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sakatlık riski tahmini, makine öğrenmesi, Random Forest, XGBoost, yapay sinir ağı, biyomekanik analiz, sporcu sağlığı

MACHINE LEARNING-BASED APPROACHES FOR MODELING AND PREDICTION OF SPORTS INJURY RISK

ABSTRACT

This study aims to model and predict injury risk in athletes using machine learning methods based on two different open datasets. The Personalized Sports Health dataset includes variables related to body composition, training load, cardiovascular indicators, and recovery parameters, while the Biomechanical Analysis for Injury Prevention dataset covers biomechanical measurements such as muscle activation, joint loading, joint angles, and movement symmetry. Each dataset was modeled separately according to its own measurement context. Random Forest, Support Vector Machine (SVM), XGBoost, and Artificial Neural Network (MLP) algorithms were applied to both datasets. The datasets were not merged at the raw-data level; instead, the modeling results were compared through common conceptual feature groups such as body composition, cardiovascular indicators, muscle activation, and joint loading. In this way, significant feature groups were identified across the two datasets. In the Personalized dataset, the best performance was achieved with the MLP/ANN model, whereas in the Biomechanical dataset, the XGBoost algorithm produced the best results. Variable importance analysis was conducted for the grouping process, revealing that recovery/lifestyle and injury history variable groups were the most

influential factors in the Personalized dataset, while joint loading and muscle activation groups were the most significant in the Biomechanical dataset. The findings indicate that injury risk has a multidimensional structure and support the need for developing holistic assessment systems.

Keywords: Injury risk prediction, machine learning, Random Forest, XGBoost, artificial neural network, biomechanical analysis, athlete health

GİRİŞ

Sakatlıklar, sporcular için hem bireysel performansı hem de uzun vadeli atletik sağlığı tehdit eden kritik bir sorundur. Kas-iskelet sistemi hasarları, eklem zorlanmaları ve aşırı zorlamaya bağlı yaralanmalar, özellikle yoğun antrenman dönemlerinde yaygın biçimde ortaya çıkmaktadır. Spor sakatlıklarının ortaya çıkışı tek bir nedene indirgenemeyecek çok faktörlü bir süreçtir (Meeuwisse, 1994). Geleneksel klinik değerlendirme yaklaşımları sınırlı sayıda göstergeye dayandığından, bireysel risk profilini erken aşamada ortaya koymakta yetersiz kalabilmektedir (Bahr & Krosshaug, 2005).

Son yıllarda giyilebilir sensörlerin, biyomekanik değerlendirme sistemlerinin ve elektronik sağlık kayıtlarının yaygınlaşması, spor bilimi araştırmacılarına araştırmalarında daha büyük boyutlu veri imkânı sağlamaktadır. Veri boyutlarının artması, makine öğrenmesi yöntemlerinin sakatlık riski tahminlerinde kullanılmasına olanak vermektedir. Literatürde lojistik regresyon, karar ağaçları ve destek vektör makineleri gibi algoritmaların sakatlık tahminine uygulandığı çalışmalar mevcuttur, ancak bu çalışmaların büyük çoğunluğu ya tek bir veri kaynağı ya da sınırlı bir özellik kümesiyle çalışmaktadır (Rossi ve diğerleri, 2018; Claudino ve diğerleri, 2019).

Bu çalışmanın temel özgünlüğü, farklı ölçüm protokollerine sahip iki veri setini ham düzeyde birleştirmek yerine her birini kendi bağlamında modelleyip sonuçları ortak kavramsal değişken grupları üzerinden karşılaştırmasıdır. Bu yaklaşım, veri sızıntısı riskini en aza indirirken değişken öneminin iki bağımsız bağlamda da geçerliliğini ortaya koymaktadır. Çalışmada Random Forest, SVM, XGBoost ve MLP algoritmaları karşılaştırılmıştır. Sonuçların yorumlanmasında değişken önemi analizi uygulanmıştır.

VERİ SETLERİ

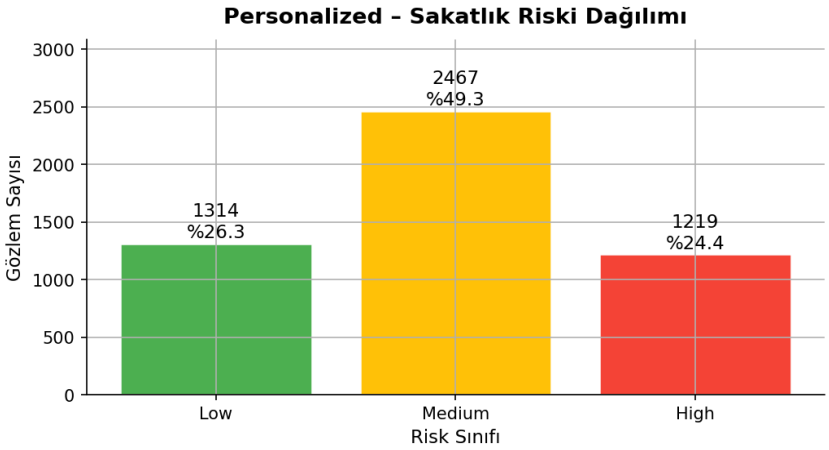
Veri Setleri ve Genel Özellikleri

Çalışmada iki açık kaynaklı veri seti kullanılmıştır. Personalized Sports Health Dataset, 5.000 gözlem ve 25 değişkenden oluşmakta; vücut kompozisyonu (yaş, cinsiyet, vücut yağ oranı, BMI), kardiyovasküler göstergeler (kalp hızı, dinlenme kalp hızı), aktivite ve antrenman yükü değişkenleri (adım sayısı, yakılan kalori, mesafe, antrenman süresi/yoğunluğu, eğitim yükü) ile toparlanma ve yaşam tarzı değişkenlerini (uyku süresi, hidrasyon, yorgunluk ve stres skoru, toparlanma günleri) kapsamaktadır (Kaggle, 2023a). Hedef değişken üç sınıflı sakatlık riskidir: Düşük (Low), Orta (Medium) ve Yüksek (High). Biomechanical Analysis for Injury Prevention Dataset, 1.000 gözlem ve 23 değişkenden oluşmakta; eklem açıları (diz, kalça, ayak bileği), kas EMG aktivasyonları (Quadriceps, Hamstring, Gastrocnemius - mV), eklem yük kuvvetleri (Newton), hareket hızı/ivmesi ve hareket simetrisi/anomali tespitini içermektedir (Kaggle, 2023b). Bu veri setinde de aynı üç sınıflı sakatlık risk faktörü hedef değişken olarak kullanılmıştır.

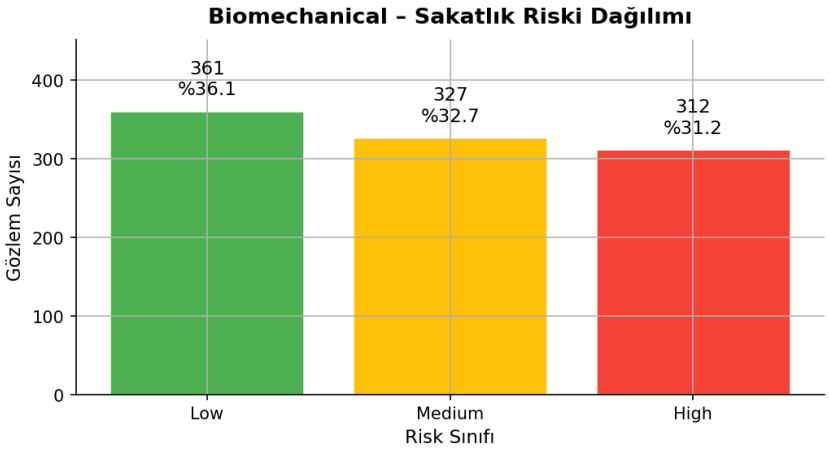
Tablo 1. Kullanılan Veri Setlerinin Temel Özellikleri

Özellik	Personalized Sports Health	Biomechanical Injury Prevention
Kaynak	kaggle (2023a)	kaggle (2023b)
Gözlem sayısı	5.000	1.000
Değişken sayısı	25	23
Değişken türleri	Anket / genel sağlık	EMG, kinematik, kinetik
Sınıf dağılımı (L/M/H)	1314 / 2467 / 1219	361 / 327 / 312
Temel gruplar	Kompozisyon, Antrenman, Toparlanma	EMG, Eklem yükü, Simetri

Şekil 1 ve Şekil 2'de her iki veri setine ait hedef sınıf dağılımları sunulmaktadır. Personalized veri setinde Orta risk sınıfının baskın (%49.3) olduğu görülmektedir; bu durum sınıf ağırlıklandırması gerektirmiştir. Biyomekanik veri setinde sınıflar görece dengeli dağılmıştır.



Şekil 1. Personalized Sports Health – Sakatlık Riski Sınıf Dağılımı

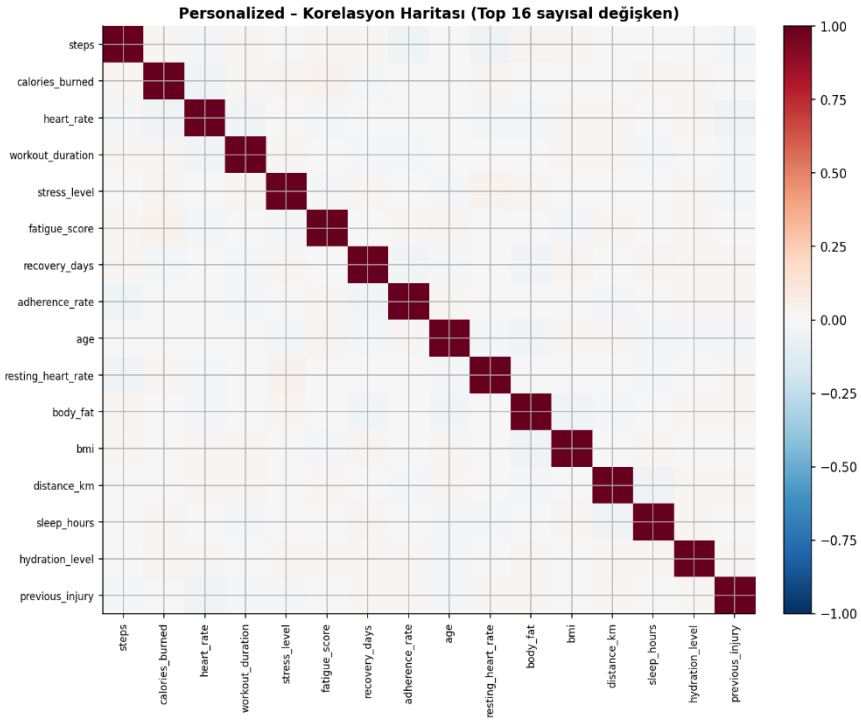


Şekil 2. Biomechanical – Sakatlık Riski Sınıf Dağılımı

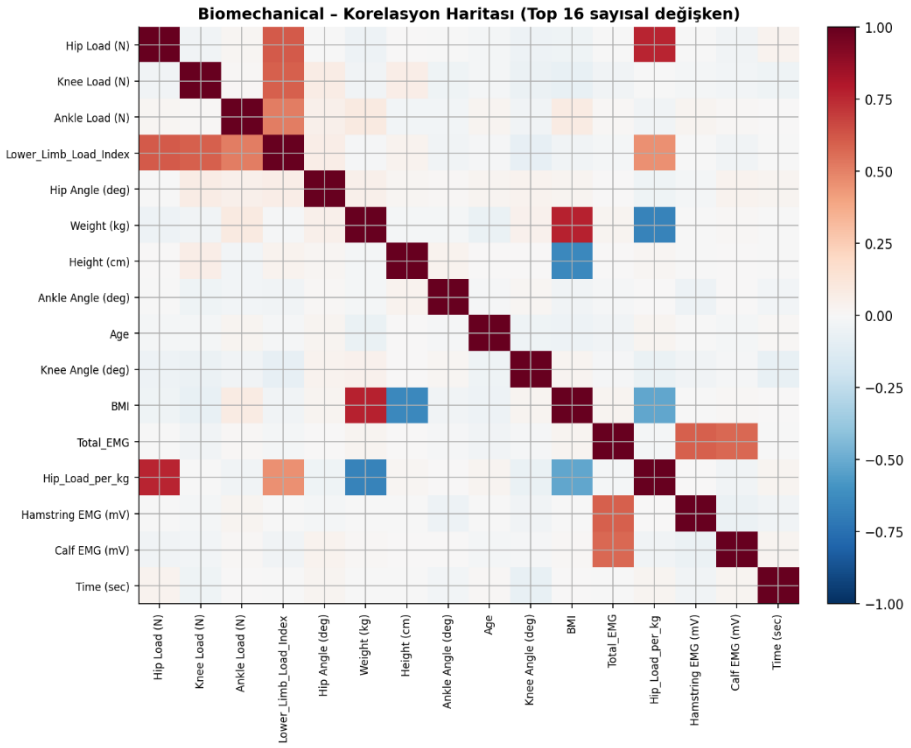
Özellik Mühendisliği ve Veri Hazırlama

Personalized veri setinde kimlik (user_id), zaman damgası (timestamp) ve sakatlık riskinden türetilebilecek tavsiye değişkeni (recommended_intensity) kaldırılmıştır. Biyomekanik veri setinde özne kimliği (Subject ID) ve sakatlık türü (Injury Type) çıkarılmıştır; bu değişkenin hedef değişkene çok yakın bilgi taşıması veri sızıntısı riski oluşturmaktadır. Biyomekanik veri setine dokuz türetilmiş değişken eklenmiştir: BMI, hamstring/quadriceps EMG oranı, baldır/quadriceps EMG oranı, toplam EMG, simetri sapması ve vücut ağırlığına normalize edilmiş diz/kalça/ayak bileği yük indeksleri. Sayısal değişkenler StandardScaler ile ölçeklenmiş; kategorik değişkenler OneHotEncoder ile dönüştürülmüştür.

Şekil 3 ve Şekil 4'te her iki veri setine ait sayısal değişken korelasyon haritaları sunulmaktadır. Personalized veri setinde değişkenler arasındaki korelasyon ortalamadadır. Biyomekanik veri setinde eklem yük değişkenleri kendi içinde yüksek korelasyon sergilemektedir.



Şekil 3. Personalized – Sayısal Değişken Korelasyon Haritası



Şekil 4. Biomechanical – Sayısal Değişken Korelasyon Haritası

YÖNTEM VE KULLANILAN MODELLER

Deneysel Kurulum, Yazılım Ortamı ve Tekrarlanabilirlik

Çalışmada sonuçların tekrar üretilebilir olmasını sağlamak için tüm rastgelelik içeren işlemlerde sabit random_state = 42 değeri kullanılmıştır. Veri bölme, çapraz doğrulama ve model eğitim süreçlerinde aynı rastgelelik değerinin kullanılması, modellerin aynı koşullar altında karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Analizler Python programlama diliyle yürütülmüş; veri işleme için Pandas ve NumPy, görselleştirme için Matplotlib ve Seaborn, makine öğrenmesi süreçleri için Scikit-learn, XGBoost modeli için ise xgboost kütüphanesi kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modeli Scikit-learn içindeki MLPClassifier ile oluşturulmuştur. Makine öğrenmesi iş akışının temel ön işleme ve modelleme adımlarında Scikit-learn ekosisteminden yararlanılmıştır (Pedregosa ve diğerleri, 2011).

Eksik Veri Kontrolü ve Ön İşleme

Modelleme öncesinde her iki veri setinde eksik değer, tekrar eden satır, değişken tipi ve hedef sınıf dağılımı kontrolleri yapılmıştır. Kullanılan veri setlerinde eksik değer bulunmadığı için eksik veri tamamlama veya silme işlemi uygulanmamıştır. Sayısal değişkenler, özellikle SVM ve yapay sinir ağı modellerinin ölçek farklılıklarından etkilenmesini önlemek amacıyla StandardScaler ile standartlaştırılmıştır. Kategorik değişkenler One-Hot Encoding yöntemiyle sayısal forma dönüştürülmüş ve tüm ön işleme adımları Pipeline yapısı içinde uygulanarak modeller arasında tutarlı bir deney ortamı sağlanmıştır. Ayrıca veri sızıntısını önlemek için kimlik, zaman bilgisi veya hedef değişkenle doğrudan ilişkili olabilecek sütunlar model dışı bırakılmıştır.

Permutation Importance Analizi

Modellerin yalnızca tahmin başarısını değil, hangi değişkenlerden ne ölçüde etkilendiğini yorumlayabilmek için permutation importance analizi uygulanmıştır. Bu yöntemde her bir değişkenin değerleri rastgele karıştırılır ve bu işlem sonrasında model performansında ne kadar düşüş olduğu

ölçülür. Performansta büyük düşüşe neden olan değişkenler, model için daha önemli kabul edilir. Bu yaklaşım, modelden bağımsız değişken önemi değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Fisher, Rudin, & Dominici, 2019). Analiz test verisi üzerinde gerçekleştirilmiş ve değerlendirme ölçütü olarak macro F1-score kullanılmıştır. Böylece Low, Medium ve High risk sınıflarının tamamı dengeli biçimde dikkate alınmış; elde edilen değişken önemleri ayrıca vücut kompozisyonu, antrenman yükü, toparlanma, kas aktivasyonu ve biyomekanik parametreler gibi kavramsal gruplar altında yorumlanmıştır.

Model Eğitimi ve Değerlendirme Yöntemi

Modelleme problemi üç sınıflı bir sınıflandırma problemi olarak tanımlanmıştır. Personalized veri setinde hedef değişken injury_risk; Biomechanical veri setinde hedef değişken Injury Risk Factor olarak alınmıştır. Her iki hedef değişken Low, Medium ve High sınıflarından oluşmaktadır. Bu sınıflar modelleme için sırasıyla 0, 1 ve 2 biçiminde kodlanmıştır. Stratified ayrım, Low, Medium ve High sınıflarının eğitim ve test setlerinde orantılı biçimde temsil edilmesini sağlar.

Her veri seti %80 eğitim / %20 test oranında ve sınıf dağılımı korunarak (stratified split) bölünmüştür. Dört algoritma için aşağıdaki özellikler ayarlanmıştır:

(1) Random Forest (n_estimators=300, class_weight='balanced'); karar ağaçlarına dayalı topluluk öğrenmesi yaklaşımını temsil etmektedir (Breiman, 2001),

(2) SVM (RBF çekirdek, C=1.0, gamma='scale', olasılık tahmini etkin); destek vektör sınıflandırması yaklaşımına dayanmaktadır (Cortes & Vapnik, 1995),

(3) XGBoost (n_estimators=300, learning_rate=0.05, max_depth=3, multi:softprob hedefi); ölçeklenebilir gradyan artırma yaklaşımına dayanmaktadır (Chen & Guestrin, 2016),

(4) MLP/Yapay Sinir Ağı (gizli katmanlar: 64-32 nöron, ReLU aktivasyonu, Adam optimizer, erken durdurma); çok katmanlı sinir ağı yaklaşımını temsil etmektedir (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016).

Tüm modeller aynı ön işlemlere tabi tutulmuştur. Performans metrikleri olarak, doğruluk (accuracy), dengeli doğruluk (balanced accuracy), makro kesinlik, makro duyarlılık, makro F1-score, ROC-AUC (one-vs-rest makro) ve PR-AUC kullanılmıştır. Sınıf dengesizliğine karşı dengeli doğruluk ve makro F1 birincil metrik olarak seçilmiştir. Model yorumlanabilirliği için en iyi modeller üzerinde 15 tekrarlı değişken önemi hesaplanmıştır.

BULGULAR

Model Performans Sonuçları

Tablo 2'de her iki veri seti için tüm modellerin test kümesi performans metrikleri sunulmaktadır. Personalized veri setinde MLP/ANN modeli makro F1 = 0.967, ROC-AUC = 0.998 ile en yüksek performansı sergilemiştir. XGBoost (F1 = 0.955) ve SVM (F1 = 0.949) yakın değerler elde ederken Random Forest (F1 = 0.931) biraz geride kalmıştır. Bu sonuç, kişisel sağlık, sakatlık geçmişi, yorgunluk, stres ve antrenman yükü gibi değişkenlerin risk sınıfları arasında belirgin ayrıştırıcı bilgi taşıdığını düşündürmektedir. Biyomekanik veri setinde tüm modeller belirgin ölçüde daha düşük performans göstermiş; en iyi sonuç XGBoost'a (F1 = 0.421, ROC-AUC = 0.547) aittir. Bu durum, biyomekanik veri setindeki risk etiketlerinin mevcut değişkenlerle daha zor ayrıştığını, sınıflar arası sınırların daha belirsiz olduğunu veya daha ayrıntılı hareket/sakatlık geçmişi değişkenlerine ihtiyaç duyulduğunu gösterebilir. Dolayısıyla biyomekanik veri tek başına kullanıldığında klinik veya sportif karar desteği için daha dikkatli doğrulama gerektirmektedir. Ayrıca, veri setinin küçük boyutu (n=1.000 / test=200) da burada etken olmuştur.

Tablo 2. Test Kümesi Model Performans Metrikleri

Veri Seti	Model	Accuracy	Balanced Acc.	Macro F1	ROC-AUC	PR-AUC
Personalized	MLP / ANN *	0.967	0.965	0.967	0.998	0.997
Personalized	XGBoost	0.955	0.950	0.955	0.996	0.993
Personalized	SVM	0.948	0.954	0.949	0.994	0.990
Personalized	Random Forest	0.932	0.916	0.931	0.991	0.984
Biomechanical	XGBoost *	0.420	0.418	0.421	0.547	0.379
Biomechanical	Random Forest	0.385	0.379	0.375	0.531	0.365
Biomechanical	MLP / ANN	0.365	0.360	0.358	0.532	0.372
Biomechanical	SVM	0.360	0.362	0.360	0.480	0.321

* *En iyi model*

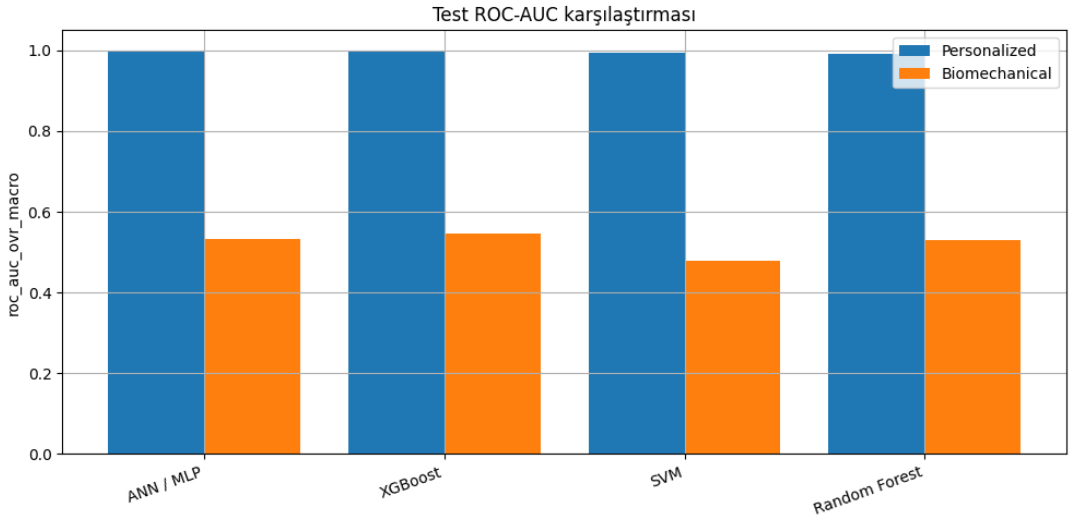
Tablo 3'te her iki veri setinin en iyi modelleri için sınıf bazlı precision, recall ve F1 değerleri sunulmaktadır. Personalized veri setinde MLP/ANN modeli tüm sınıflarda dengeli yüksek başarı sergilemiştir.

Tablo 3. En İyi Modeller İçin Sınıf Bazlı Performans (Test Kümesi)

Veri Seti / Model	Sınıf	Precision	Recall	F1-Score	Destek (n)
Personalized – MLP/ANN	Low	0.973	0.947	0.960	263
Personalized – MLP/ANN	Medium	0.958	0.976	0.967	493
Personalized – MLP/ANN	High	0.979	0.971	0.975	244
Biomechanical – XGBoost	Low	0.360	0.444	0.398	72
Biomechanical – XGBoost	Medium	0.435	0.462	0.448	65
Biomechanical – XGBoost	High	0.524	0.349	0.419	63

Tablo 3'te Low, Medium ve High risk sınıflarına göre sınıf bazlı performans sonuçları verilmiştir. Personalized veri setinde MLP/ANN modelinin en yüksek F1 skoru High sınıfında (0.975), en düşük F1 skoru ise Low sınıfında (0.960) elde edilmiştir. Biomechanical veri setinde XGBoost modelinde en yüksek F1 skoru Medium sınıfında (0.448), en düşük F1 skoru ise Low sınıfında (0.398) görülmektedir. Bu sonuçlar, Personalized veri setinde sınıflar arasında daha dengeli ve yüksek bir ayrım sağlandığını; Biyomekanik veri setinde ise özellikle Low sınıfında ayrıştırma gücünün sınırlı kaldığını göstermektedir.

Şekil 5'te model performanslarının grafiği bulunmaktadır. İki veri seti arasındaki performans farkı açıkça gözlemlenmektedir. Personalized veri setinde tüm modeller yüksek ve birbirine yakın skorlar üretirken, biyomekanik veri setinde modeller arasındaki fark da daha belirgin hale gelmektedir.

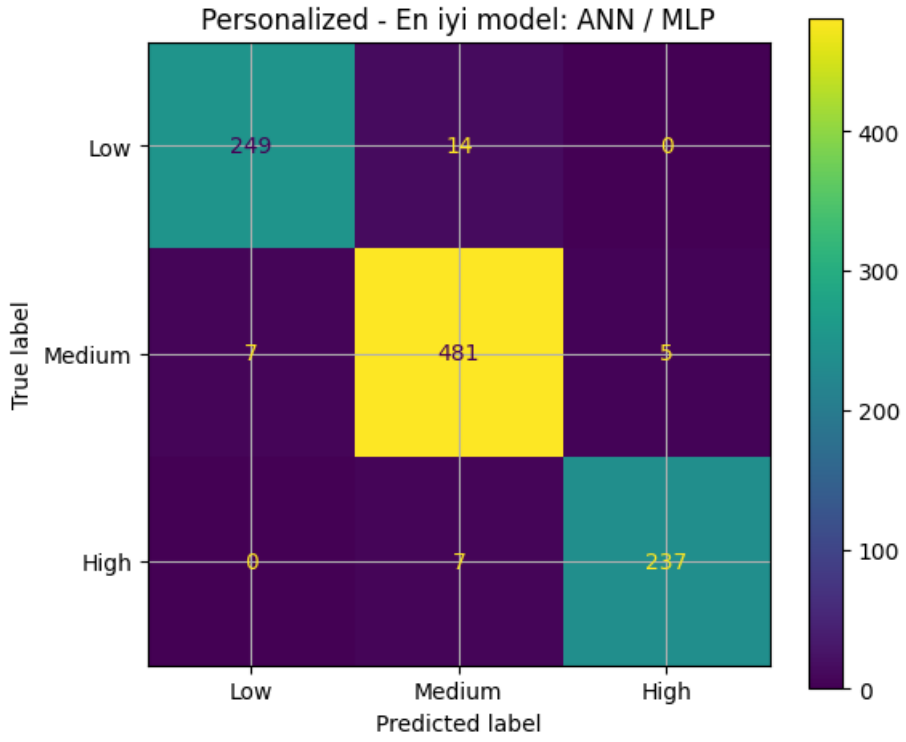


Şekil 5. Test ROC-AUC Karşılaştırması – Her İki Veri Seti ve Dört Model

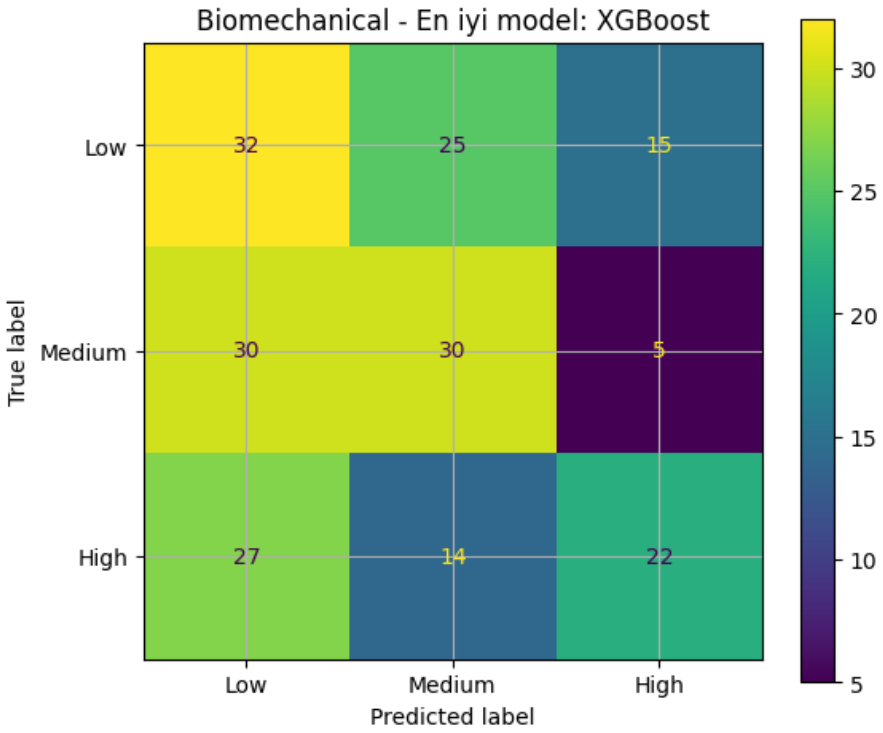
Karışıklık Matrisi Analizleri

Karmaşıklık matrisi, sınıflandırma problemlerinde bir makine öğrenmesi modelinin tahmin performansını değerlendirmek için kullanılan ölçüm tablosudur. Modelin doğru ve yanlış tahminlerini ayrıntılı şekilde göstererek performans analizi yapılmasını sağlar.

Şekil 6 ve Şekil 7'de her veri setinin en iyi modeline ait karışıklık matrisleri görülmektedir. Personalized veri setinde MLP/ANN, sınıflar arası geçişleri minimize ederek güçlü bir ayrım sergilemektedir. Biyomekanik veri setinde ise XGBoost'un özellikle Low ve Medium risk sınıfları arasında karışıklık yaşadığı dikkat çekmektedir.



Şekil 6. Personalized – En İyi Model (MLP/ANN) Karışıklık Matrisi



Şekil 7. Biomechanical – En İyi Model (XGBoost) Karışıklık Matrisi

Değişken Önem Analizi

Değişken Önem Analizi, makine öğrenmesi modellerinde hangi değişkenlerin tahmin sonucunu daha fazla etkilediğini belirlemek için kullanılan bir çözümleme yöntemidir. Bu yöntem sayesinde veri setindeki özniteliklerin modele katkı düzeyi ölçülerek en etkili değişkenler tespit edilmektedir.

Aşağıdaki değişkenler, benzer biyolojik, fizyolojik ve biyomekanik özellikleri temsil edecek şekilde gruplandırılmıştır. Bu gruplandırma, değişken önem analizlerinin daha yorumlanabilir şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

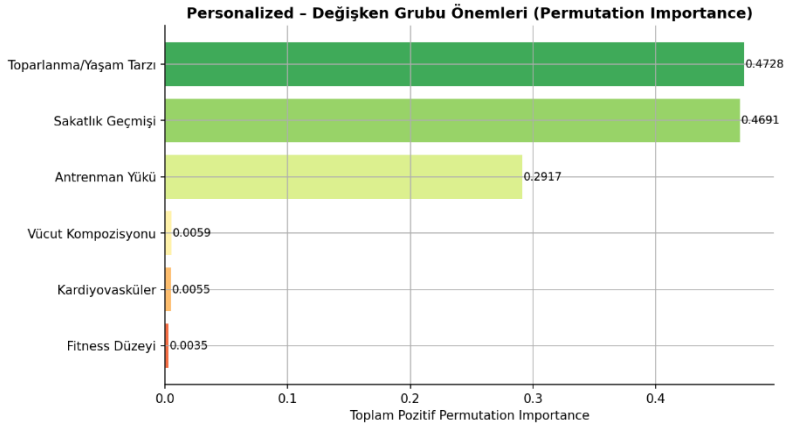
Personalized Sports Health ve Biomechanical Analysis Veri Seti Değişken Grupları:

Veri Seti	Değişken Grubu	Değişkenler
Personalized Sports Health	Vücut kompozisyonu / antropometri	age, gender, body_fat, bmi
Personalized Sports Health	Kardiyovasküler göstergeler	heart_rate, resting_heart_rate
Personalized Sports Health	Aktivite / antrenman yükü	steps, calories_burned, distance_km, activity_type, workout_duration, workout_intensity, training_load, adherence_rate
Personalized Sports Health	Toparlanma / yaşam tarzı	sleep_hours, hydration_level, fatigue_score, stress_level, recovery_days
Personalized Sports Health	Sakatlık geçmişi	previous_injury
Personalized Sports Health	Fitness düzeyi	fitness_level
Biomechanical Analysis	Vücut kompozisyonu / antropometri	Age, Gender, Height (cm), Weight (kg), BMI
Biomechanical Analysis	Fitness / hareket türü	Fitness Level, Movement Type, Time (sec)
Biomechanical Analysis	Eklem açıları	Knee Angle (deg), Hip Angle (deg), Ankle Angle (deg)

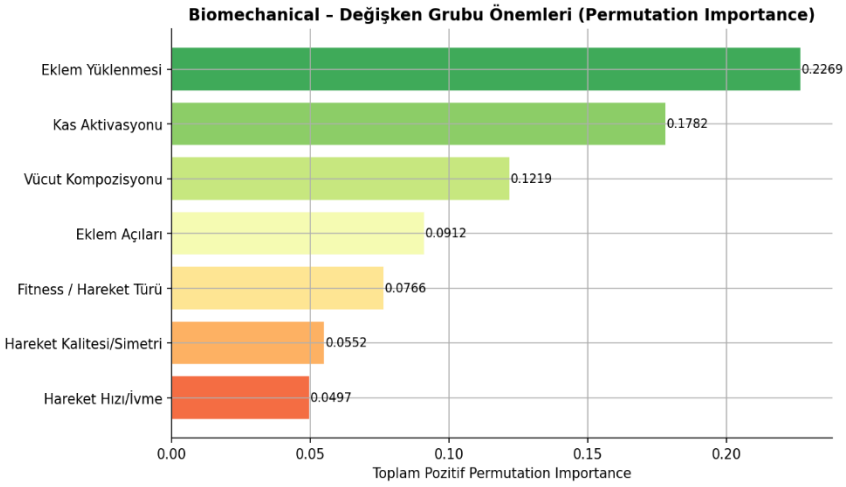
Biomechanical Analysis	Hareket hızı / ivme	Velocity (m/s), Acceleration (m/s²)
Biomechanical Analysis	Eklem yüklenmesi	Knee Load (N), Hip Load (N), Ankle Load (N), Knee_Load_per_kg, Hip_Load_per_kg, Ankle_Load_per_kg, Lower_Limb_Load_Index
Biomechanical Analysis	Kas aktivasyonu	Quad EMG (mV), Hamstring EMG (mV), Calf EMG (mV), Hamstring_Quad_Ratio, Calf_Quad_Ratio, Total_EMG
Biomechanical Analysis	Hareket kalitesi / simetri	Irregularities Detected, Movement Symmetry, Symmetry_Deviation

Şekil 8 ve Şekil 9'da her iki veri seti için grup düzeyinde değişken önem analizi grafikleri bulunmaktadır. Personalized veri setinde Toparlanma/Yaşam Tarzı grubu ve Sakatlık Geçmişi grubu öne çıkmaktadır. Vücut Kompozisyonu ve Kardiyovasküler göstergelerin katkısı görece sınırlı kalmaktadır.

Biyomekanik veri setinde ise Eklem Yüklenmesi grubu birinci sırada yer alırken Kas Aktivasyonu grubu ikinci sırayı almaktadır.

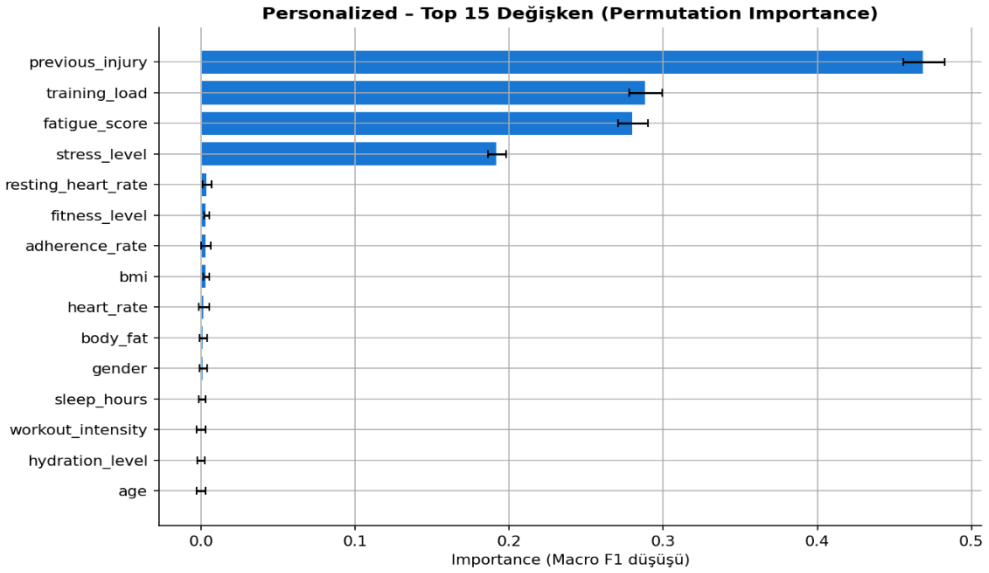


Şekil 8. Personalized – Değişken Grubu Permütasyon Önemi (MLP/ANN modeli)

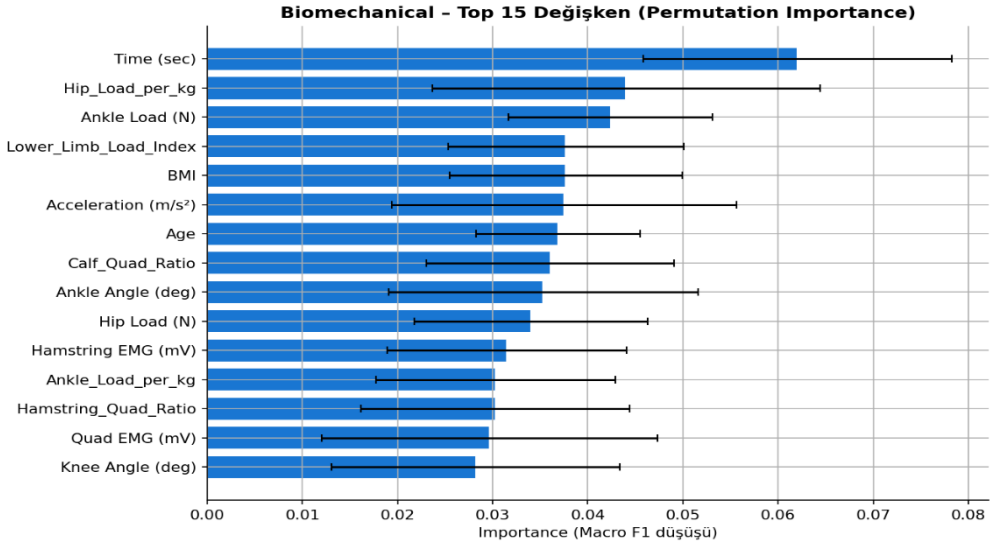


Şekil 9. Biomechanical – Değişken Grubu Permütasyon Önemi (XGBoost modeli)

Şekil 10 ve Şekil 11'de bireysel değişken düzeyinde ilk 15 önemli öznitelik gösterilmiştir. Personalized veri setinde fatigue_score, training_load ve previous_injury baskın değişkenler olarak öne çıkmaktadır. Biyomekanik veri setinde ise Ankle Load, Hip_Load_per ve Time değişkenleri en büyük öneme sahip olmuştur.



Şekil 10. Personalized – En Önemli 15 Değişken (Permütasyon Önemi ± std)



Şekil 11. Biomechanical – En Önemli 15 Değişken (Permütasyon Önemi ± std)

SONUÇ VE TARTIŞMA

Personalized veri setindeki yüksek başarı, hedef etiket ile değişkenler arasında güçlü yapısal ilişki olabileceğini göstermektedir. Bununla beraber, çalışmada kullanılan açık veri setinin sentetik veya kural tabanlı oluşturulmuş olma ihtimali gerçek saha genellemesini sınırlandırmaktadır.

Bu çalışmada iki farklı veri seti üzerinde dört makine öğrenmesi algoritması karşılaştırılmıştır. Personalized veri setinde MLP/ANN (accuracy=0.967) ve XGBoost (accuracy=0.955) yüksek performans göstermiştir. Bu yüksek performans, hedef etiket ile değişkenler arasında güçlü yapısal ilişki

olabileceğini göstermektedir. Bununla beraber, çalışmada kullanılan açık veri setinin sentetik veya kural tabanlı oluşturulmuş olma ihtimali gerçek saha genellemesini sınırlandırmaktadır. Buna karşılık biyomekanik veri setinde tüm modeller düşük performans üretmiştir. Sınıf dağılımının görece dengeli olmasına rağmen performansın düşük kalması, temel problemin yalnızca sınıf dengesizliği olmadığını göstermektedir. Karışıklık matrisi incelendiğinde Low, Medium ve High sınıflarına ait örneklerin birbirine karıştığı görülmektedir. Bu durum; diz, kalça ve ayak bileği açıları, eklem yükleri, quadriceps-hamstring-calf EMG değerleri ve hareket simetrisi gibi biyomekanik değişkenlerin risk sınıflarını tek başına yeterince ayırt edemediğini göstermektedir. Ancak bu sonuç, biyomekanik veri setinin değersiz olduğu anlamına gelmemektedir. Aksine, sakatlık riskinin çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Anlık kas aktivasyonu ve hareket mekaniği ölçümleri önemli bilgiler sunsa da sakatlık riski; antrenman yükü, toparlanma durumu, yorgunluk, stres, vücut kompozisyonu ve geçmiş sakatlık gibi değişkenlerle birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle biyomekanik veri setindeki düşük performans, çalışmanın zayıflığı olarak değil, sakatlık riskinin çok boyutlu yapısının bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Değişken grubu analizinde Personalized veri setinde Toparlanma/Yaşam Tarzı ve Sakatlık Geçmişi grupları öne çıkarken, Antrenman Yükü değişkenleri de risk ayrımına katkı sağlamıştır. Biyomekanik riskin daha doğru modellenebilmesi için spor branşı, yüklenme geçmişi, önceki sakatlıklar, akut-kronik yük oranı, hareket tekrar sayısı, yorgunluk düzeyi ve klinik değerlendirme bilgilerinin birlikte ele alınması gerekebilir.

Değişken önemi sonuçları, Rossi ve diğerleri (2018) ile Claudino ve diğerleri (2019)'nin bulguları ile örtüşmektedir: Antrenman yükü ve toparlanma dengesinin fizyolojik risk belirleyiciler arasında öncelikli konumda olduğu doğrulanmaktadır. Biyomekanik veri setinde eklem yüklenmesi, kas aktivasyonu ve antropometrik değişkenlerin görece daha önemli olması, hareket analizi sistemlerinin risk taramasında yararlı olabileceğine işaret etmektedir. Bu veri setinde eklem yüklenmesi değişkenlerinin baskınlığı, Van Mechelen ve diğerleri'nin (1992) ekstremite yük asimetrisini risk faktörü olarak öne çıkaran bulgularıyla da uyuşmaktadır.

Çalışmanın kısıtları arasında biyomekanik veri setinin sınırlı boyutu (n=1.000), simülasyon tabanlı veri olma ihtimali ve gerçek zamanlı boylamsal ölçüm eksikliği sayılabilir. Her iki veri setinin bağımsız modellenme stratejisi, veri toplama bağlamlarının farklılığını korurken model bulgularının yorumlanabilirliğini de artırmaktadır. Makine öğrenmesinin sporcularda sakatlık riskinin erken belirlenmesinde güçlü bir araç olabilmesi için modelin başarısı veri kalitesi, değişken seçimi, sızıntı kontrolü, sınıf dengesi önemlidir. Bu çalışmada kişisel sağlık ve antrenman-toparlanma göstergeleri yüksek tahmin performansı üretirken, biyomekanik veri seti daha karmaşık ve zor bir sınıflandırma problemi sunmuştur.

Gelecekte farklı veri kaynaklarının zaman serisi tabanlı ve çok modal yaklaşımlarla bütünleştirilmesi, sporcu sakatlık riskinin daha güvenilir biçimde modellenmesine katkı sağlayabilir. Gerçek zamanlı giyilebilir sensör verileriyle boylamsal deneyler tasarlanması, transfer öğrenmesi ile veri setleri arasında bilgi aktarımının araştırılması ve SHAP gibi XAI yöntemleriyle bireysel risk yorumlanabilirliğinin güçlendirilmesi yararlı olabilir. Bu çalışma, spor hekimliği ve performans biliminde risk tabanlı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesine veri odaklı bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. Model çıktıları klinik kararın yerine geçmemeli, antrenör, fizyoterapist ve spor hekimi değerlendirmesini destekleyen yardımcı araçlar olarak kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: A key component of preventing injuries in sport. British Journal of Sports Medicine, 39(6), 324–329. https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.018341

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Claudino, J. G., Capanema, D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., & Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. Sports Medicine – Open, 5(1), 28. https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. Machine Learning, 20(3), 273–297. https://doi.org/10.1007/BF00994018

Fisher, A., Rudin, C., & Dominici, F. (2019). All models are wrong, but many are useful: Learning a variable's importance by studying an entire class of prediction models simultaneously. Journal of Machine Learning Research, 20(177), 1–81.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press.

Kaggle. (2023a). Personalized Sports Health Dataset. https://www.kaggle.com/datasets/programmer3/personalized-sports-health-dataset

Kaggle. (2023b). Biomechanical Analysis for Injury Prevention Dataset. https://www.kaggle.com/datasets/ziya07/biomechanical-analysis-for-injury-prevention

Meeuwisse, W. H. (1994). Assessing causation in sport injury: A multifactorial model. Clinical Journal of Sport Medicine, 4(3), 166–170.

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825–2830.

Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernàndez, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. PLOS ONE, 13(7), e0201264. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201264

Van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. G. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. Sports Medicine, 14(2), 82–99. https://doi.org/10.2165/00007256-199214020-00002

3D DEEP LEARNING-BASED SPLEEN SEGMENTATION: A COMPARATIVE STUDY OF U-NET AND TRANSFORMER ARCHITECTURES

Seda GÜDE[1]

[1] Malatya Turgut Özal University, Department of Computer Engineering, Malatya, Türkiye.

[1] ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8972-7534

Prof. Dr. Eser SERT[2]

[2] Malatya Turgut Özal University, Department of Computer Engineering, Malatya, Türkiye.

[2] ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8611-701X

ABSTRACT

Spleen segmentation is an important research area in abdominal CT images for determining organ volume, surgical planning, and evaluating various diseases. Especially in volumetric organs like the spleen, 2D slice-based methods may have disadvantages due to their inability to adequately assess the spatial relationship between adjacent slices. Therefore, 3D deep learning-based segmentation approaches, which can model three-dimensional anatomical structures more effectively, have become widely used in recent years. Furthermore, comparing the performance of different deep learning architectures in the field of medical image segmentation is among the current research topics. In this study, spleen segmentation was performed using 3D U-Net, attention-based 3D U-Net, and transformer-based SwinUNETR architectures, which are among the current 3D segmentation approaches, and the performance of the models was compared in detail. Experimental studies were conducted on the Medical Segmentation Decathlon (MSD) Task09 Spleen dataset. Model performance was evaluated using the Dice Similarity Coefficient (Dice) and Hausdorff Distance 95 (HD95) metrics. According to the results obtained, the highest test Dice value of 0.9566 was obtained with the attention-based 3D U-Net model. The lowest HD95 value was obtained with the 3D U-Net model. 3D segmentation metrics obtained with the SwinUNETR model showed lower performance compared to 3D U-Net-based architectures. Experimental results show that the attention mechanism can improve volumetric overlap success, while the 3D U-Net model produces more successful results in terms of boundary accuracy. Compared to similar studies reported in the literature, the results obtained in this study are seen to be at a competitive level.

Keywords: Spleen segmentation, 3D U-Net, SwinUNETR, deep learning, computed tomography, 3D medical imaging, transformer-based segmentation

1. INTRODUCTION

Accurate segmentation of the spleen in abdominal computed tomography (CT) images is crucial for calculating organ volume, surgical planning, and disease monitoring. However, variations in spleen shape, location, and density distribution between individuals make automated segmentation a challenging process. In particular, the limited spatial relationships between adjacent slices in 2D slice-based approaches prevent the complete representation of the spleen's three-dimensional anatomical structure. Therefore, 3D deep learning-based segmentation methods, which allow for the direct evaluation of volumetric information, have become increasingly popular in medical imaging in recent years.

With the increasing use of deep learning-based segmentation models in medical imaging applications, comparing the performance of different architectures has become an increasingly important research topic. In particular, examining the behavior of Convolutional Neural Network (CNN) and transformer-based approaches in volumetric organ segmentation is crucial for identifying the strengths and weaknesses of different architectures. This study compares different models capable of segmenting

spleen tissue within a CT volume, considering its three-dimensional context. For this purpose, four different experiments were conducted using the 3D U-Net, Attention 3D U-Net, SwinUNETR, and SwinUNETR Overlap 0.5 models in the Medical Segmentation Decathlon Task09 Spleen dataset. The models were evaluated using Dice, IoU, and HD95 metrics. Dice and IoU metrics measure the volumetric overlap between the predicted mask and the actual mask, while the HD95 metric evaluates the distance error at the segmentation boundaries. Furthermore, the evaluation was not limited to numerical metrics; the 3D surface outputs produced by the models were also visually compared. Thus, both the overlapping success and boundary accuracy of different architectures were analyzed together.

U-Net is one of the fundamental architectures widely used in biomedical image segmentation thanks to its encoder-decoder structure and jump connections [1]. However, 2D U-Net can only utilize the three-dimensional spatial relationship between adjacent slices to a limited extent because it processes volumetric images at the slice level. Developed to reduce this limitation, 3D U-Net directly incorporates the volumetric context into the model through 3D convolutional layers [2]. V-Net is also one of the important fully convolutional networks proposed for 3D medical image segmentation [3]. nnU-Net is considered a powerful reference method due to its self-configuring structure according to the characteristics of the dataset [4].

Attention mechanisms aim to focus the model more on the target anatomical region and reduce the influence of background regions. Attention U-Net aims to produce more successful results, especially in segmentation problems where organ boundaries are variable, by adding attention gate blocks to the U-Net architecture [5]. Current studies also show that attention structures are widely used in medical image segmentation through channel, spatial and hybrid attention mechanisms [6].

Transformer-based methods are among the notable approaches in medical image segmentation due to their capacity to model distant spatial relationships. In their study, Hatamizadeh et al. performed 3D medical image segmentation with a transformer-based approach [7]. The SwinUNETR architecture introduced by Hatamizadeh et al. combines transformer-based feature extraction with a segmentation framework and has shown promising performance on brain tumor MRI data [8]. However, the computational and memory costs of transformer-based models can be higher than those of CNN-based models [9]. In addition, the performance of these models can be affected by the amount of data, training settings, and generalizability conditions [10].

Studies on abdominal organ segmentation have shown that deep learning-based methods can produce effective results in organs such as the liver, kidney, pancreas, and spleen. Moon et al. proposed an end-to-end automated deep learning workflow for spleen segmentation [11]. Altini et al. conducted a comprehensive literature review of deep learning methods that perform automated segmentation of the liver, kidney, and spleen in CT and MR images [12]. Hu et al. conducted a literature review on the automated segmentation of abdominal organs (especially liver, kidney, spleen, and pancreas) from CT and MRI images using deep learning [13].

2. RESEARCH AND FINDINGS

Figure 1 shows the experimental process applied within the scope of the study in detail. In the first stage, abdominal CT volumes and their ground truth spleen masks obtained from the Medical Segmentation Decathlon (MSD) Task09 Spleen dataset were imported into the system. Then, the images were subjected to resampling, density normalization, cropforeground, and spatial padding processes to make them suitable for model training.

To increase data diversity on the training data, random ROI sampling, axis-based random flip, and 90-degree random rotation operations were applied. Following preprocessing and data enhancement steps, four different 3D segmentation approaches were evaluated. In this context, 3D U-Net, Attention 3D U-Net, SwinUNETR, and SwinUNETR (Overlap 0.5) models were used.

The collected data were allocated to training, validation, and testing sets in a 70:15:15 proportion. The DiceCE loss function was used in the training phase, and optimization was performed using Adam/AdamW algorithms. The models were trained for 200 epochs, and their validation performance

was monitored every 5 epochs. The model weights that yielded the best validation results were used in the testing phase.

During the testing phase, the sliding window inference method was applied, followed by sigmoid activation and thresholding operations. Final segmentation outputs were obtained by preserving the largest connected component and applying gap filling operations on the resulting masks. The obtained results were evaluated using Dice, IoU (Intersection over Union) and HD95 (95th Percentile Hausdorff Distance) metrics, and the three-dimensional surface outputs of different models were visually compared. Thus, both the volumetric overlap success and boundary accuracy of the models were analyzed together.

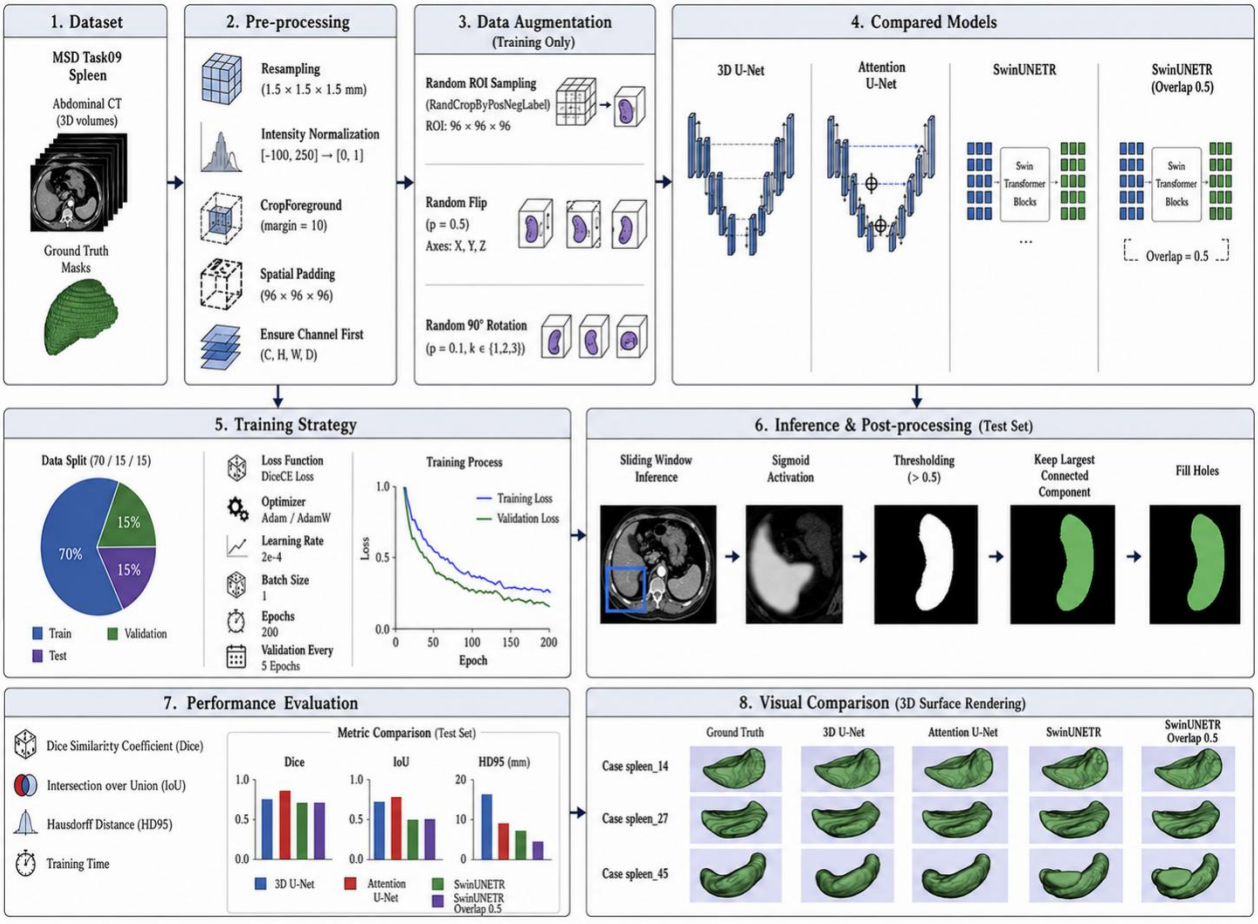


Figure 1. Flowchart of the 3D spleen segmentation method used in the study.

2.1 Data Set

In this study, the Medical Segmentation Decathlon (MSD) Task09 Spleen dataset was used for experimental analyses [14]. MSD is a widely used benchmark dataset that allows comparison of segmentation methods developed on different anatomical structures and imaging modalities. The Task09 Spleen sub-dataset consists of abdominal computed tomography (CT) images and spleen segmentation masks created by experts for these images.

The images and labels in the dataset are stored in NIfTI (.nii.gz) format. This format is widely preferred in three-dimensional segmentation applications because it preserves not only two-dimensional cross-sectional information but also the volumetric spatial structure of the images. Since the spleen is an anatomically three-dimensional organ, considering the spatial relationships between adjacent cross-sections can directly affect segmentation success. All images used in the study underwent the same

preprocessing steps and were then prepared for use in the training, validation, and testing phases. Details regarding the processing of the dataset are described in the next section.

2.2 Pre-processing

Prior to model training, all images and label masks underwent the same preprocessing steps. First, the images were read from NIfTI format and arranged to suit the input structure of deep learning models. Then, to reduce resolution differences between different images, all volumes were resampled to a spatial resolution of 1.5 × 1.5 × 1.5 mm. Density normalization was applied to standardize the density values in the CT images. This process is described as follows:

$$I_{norm} = \frac{(I - I_{min})}{(I_{\max} - I_{min})} \quad (1)$$

Here, I_{norm} represents the normalized image, I represents the raw image density, and I_{min} and I_{max} represent the lower and upper density thresholds used, respectively. In this study, the density values were limited to the range of −100 to 250 HU and scaled to the range of [0,1]. In the next stage, the label masks were converted to binary format, unnecessary background areas were removed using the CropForeground process, and all images were prepared to fit the 96 × 96 × 96 input size. The resampling, density normalization, foreground cropping and spatial filling operations applied in this study were performed using MONAI-based preprocessing transformations developed for medical image segmentation [15].

2.3 Data Augmentation

To enhance the variability of the training data and strengthen model generalization, several augmentation operations were employed. First, three-dimensional patches of 96 × 96 × 96 dimensions were randomly selected from the images and their corresponding label masks. During this process, both spleen-containing regions and background regions were included in the training process. During the data enhancement phase, random flip and random 90° rotation operations were also used. The random flip operation was applied along three spatial axes, while the rotation operation allowed different anatomical orientations to be shown to the model. In this way, the diversity of training data was increased and the aim was to make the models more robust against different image variations. The random patch sampling, axis-based rotation, and 90° rotation operations used were implemented to increase the diversity of the training data, in line with the data enhancement approach used in U-Net and 3D U-Net studies.

2.4 Compared Deep Learning Models

The performance of four deep learning approaches was investigated for the spleen segmentation task. Specifically, experiments were conducted using 3D U-Net, Attention 3D U-Net, SwinUNETR, and a SwinUNETR configuration with a 0.5 overlap parameter.

2.4.1 3D U-Net

The 3D U-Net model is a version of the U-Net architecture adapted to three-dimensional images. The model consists of encoder and decoder blocks, and feature maps obtained at different resolution levels are combined via skip connections. This allows both low-level details and high-level semantic information to be used in the segmentation process. This architecture is based on an extended form of the original U-Net structure with 3D convolutions for volumetric medical images [2].

2.4.2 Attention 3D U-Net

The Attention 3D U-Net model is constructed by adding attention gate mechanisms to a basic 3D U-Net architecture. This structure aims to allow the model to focus more on target anatomical regions and reduce the influence of irrelevant background regions. It can provide more selective feature learning, particularly in determining organ boundaries. Attention gate mechanisms were used, based on the Attention 3D U-Net approach, to enhance focus on target anatomical regions and reduce the influence of irrelevant background regions.

2.4.3 SwinUNETR

SwinUNETR is a modern segmentation architecture that combines convolutional networks with transformer-based representation learning. In the encoder part of the model, Swin Transformer blocks are used to learn far-spatial relationships. In the decoder part, segmentation output is produced by combining multi-scale features. The SwinUNETR architecture aims to learn far-spatial relationships in 3D medical image segmentation by combining Swin Transformer blocks and a U-Net-like decoder structure [16].

2.4.4 SwinUNETR Overlap 0.5

In this experiment, the SwinUNETR architecture was preserved, only the window overlap ratio in the MONAI sliding window inference method used in the testing phase was set to 50% [15]. Thus, the effect of the overlap parameter on the segmentation performance was investigated. This approach is not a new model, but represents the evaluation of the SwinUNETR model with a different inference strategy.

2.5 Training Strategy

To maintain consistency across experiments, the same training and evaluation framework was applied to all architectures. The available data were randomly shuffled using a seed value of 42 and then allocated to training, validation, and testing groups in proportions of 70%, 15%, and 15%, respectively. As a result, each model was evaluated on an identical data partition. Training employed volumetric inputs of size $96 \times 96 \times 96$ with a batch size of one, and optimization was carried out over 200 epochs using a learning rate of 2×10^{-4}. To optimize the segmentation performance, the DiceCE Loss function, which is a combination of Dice and cross-entropy losses, was used [15]. Adam and AdamW algorithms were used in model optimization [17,18]. Model parameters were updated with the backpropagation algorithm and the validation performance was evaluated every 5 epochs. The model weights that yielded the highest validation success during training were stored and used in the testing phase. Thus, each model was evaluated with the parameters corresponding to its best validation performance.

2.6 Inference and Post-processing

After the training process was completed, testing was carried out using the model weights that provided the highest validation performance. In the testing phase, the sliding window inference approach was used to process high-dimensional CT volumes [15]. In this method, images were processed by dividing them into sub-volumes of certain dimensions, and the results obtained were combined to create the final segmentation output.

The model outputs were first processed through the sigmoid activation function and probability maps were obtained. Then, binary segmentation masks were created using a threshold value of 0.5. In order to reduce the effect of small error regions that may occur in the segmentation results, the Largest Connected Component was preserved and the gaps in the mask were filled with the Fill Holes operation [15]. The final segmentation masks obtained after these processes were used in the performance evaluation phase. In addition, three-dimensional surface models were created for some test samples to compare the visual performance of different architectures.

3. PERFORMANCE EVALUATION METRICS

To assess segmentation quality, Dice, IoU, and HD95 metrics were utilized [19]. Dice and IoU provide information regarding the overlap between the estimated segmentation and the ground-truth mask, whereas HD95 evaluates boundary deviation. The definitions of these metrics are given in Equations 2–4.

$$\text{Dice}(\hat{Y}, G) = 2|\hat{Y} \cap G| / (|\hat{Y}| + |G|) \quad (2)$$

$$\text{IoU}(\hat{Y}, G) = |\hat{Y} \cap G| / |\hat{Y} \cup G| \quad (3)$$

$$\text{HD95}(\hat{Y}, G) = \text{percentile}_{95}(d(\partial\hat{Y}, \partial G)) \quad (4)$$

In these equations, $\hat{Y}$ represents the spleen mask predicted by the model, and G represents the actual label mask. $\partial\hat{Y}$ and ∂G represent the surface points of the predicted and actual masks, respectively. High High Dice and IoU scores are associated with stronger spatial correspondence between the predicted and ground-truth masks, while lower HD95 values indicate more precise boundary localization.

During the training phase, DiceCE Loss was used as the loss function. This loss function evaluates Dice-based overlap information together with Cross-Entropy-based voxel classification information. The formula of L_{DiceCE} is given in Equation 5.

$$L_{DiceCE} = L_{Dice} + L_{CE} \quad (5)$$

Here, L_{DiceCE} represents the total loss value, L_{Dice} denotes the Dice-based loss component, and L_{CE} denotes the Cross-Entropy loss component. This loss function enables the model to better capture the spleen region in a volumetric manner while improving voxel-level classification accuracy.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

This section presents a comparative analysis of results obtained from the 3D U-Net, Attention 3D U-Net, SwinUNETR, and SwinUNETR Overlap 0.5 models. The models were trained and evaluated under the same data splitting and experimental conditions. The comparisons considered Dice, IoU, and HD95 values obtained on the validation and test sets, as well as the training times. The results from the four experimental conditions are given in Table 1.

Table 1 shows that the highest Dice value in the validation set was obtained with the 3D U-Net model at 0.9516. The same model also produced the lowest boundary error with a validation HD95 value of 1.6397. This result indicates that the 3D U-Net model exhibited balanced performance in terms of both volumetric overlap and boundary accuracy during the validation phase. In the test set, the highest Dice and IoU values were obtained with the Attention 3D U-Net model at 0.9566 and 0.9168, respectively. This suggests that the attention mechanism can contribute to learning the distinctive features of the spleen region. Conversely, the lowest test HD95 value of 1.8235 belongs to the 3D U-Net model. This result indicates that the model can more consistently determine organ boundaries.

Although Transformer-based SwinUNETR models produced competitive results during the validation phase, they performed worse than U-Net-based models in the test set. The test Dice value was obtained as 0.9348 in the SwinUNETR model, while this value was calculated as 0.9295 in the SwinUNETR Overlap 0.5 approach. Similarly, HD95 values were also higher compared to U-Net-based models. The results indicate that, under this dataset and experimental conditions, U-Net-based architectures are more successful in the spleen segmentation task.

Table 1. Comparison of validation and testing performance of the models.

Run	Model	Best Epoch	Val Dice	Val IoU	Val HD95	Test Dice	Test IoU	Test HD95	Duration
RUN 1	3D U-Net	180	0.9516	0.9077	1.6397	0.9502	0.9051	1.8235	5 hours 15 minutes
RUN 2	Attention U-Net	145	0.9491	0.9031	2.4335	0.9566	0.9168	2.6912	6 hours 07 minutes
RUN 3	SwinUNETR	200	0.9499	0.9046	1.9580	0.9348	0.8776	4.7752	7 hours 10 minutes
RUN 4	SwinUNETR Overlap 0.5	200	0.9465	0.8984	2.5798	0.9295	0.8683	5.5041	5 hours 43 minutes

Figure 2 visually compares the three-dimensional spleen segmentation results for selected test cases. While all models successfully capture the general spleen anatomy, significant differences are observed in terms of surface detail and boundary congruence. In particular, the segmentations produced by the Attention 3D U-Net and 3D U-Net models are closer to the Ground Truth results. The 3D U-Net model better preserves surface continuity in some cases, while the Attention 3D U-Net model successfully represents the overall volumetric structure. In SwinUNETR-based approaches, surface irregularities and loss of anatomical detail were observed in some examples. The visual analyses support the quantitative results presented in Table 1 and show that U-Net-based architectures exhibit more successful segmentation performance in this dataset.

Figure 2. Comparison of 3D spleen segmentation surfaces of actual labels and four models in selected test cases.

4.1. Literature Comparison

Table 2 compares the results obtained in this study with current studies reported in the field of spleen segmentation. Although the datasets, experimental conditions, and evaluation metrics of the studies used in the comparison may differ, the results obtained contribute to the evaluation of the overall performance level of the proposed approaches. In the literature, Dice values reported on the MSD Task09 Spleen dataset range from 0.89 to 0.97. The Dice value of 0.9566 obtained in this study is competitive with the literature in terms of overlap success. When evaluated in terms of boundary accuracy metric, the 3D U-Net model showed the lowest boundary error in the study with a value of 1.8235 HD95.

Table 2. Comparison of similar methods in the literature and proposed methods.

Study	Data / Modality	Method	Reported Result	Comparative Commentary
Meddeb et al. [20]	CT, MSD + clinical data	3D U-Net	Open test DSC 0.906–0.897, clinical test DSC 0.941	This shows that data distribution and clinical diversity can affect segmentation performance.
Rahman et al. [21]	MSD Task09 Spleen, CT	Enhanced U-Net and comparative models	Enhanced U-Net Dice 0.923±0.04, IoU 0.859, HD 9.47 mm; U-Net 0.891; UNet++ 0.920; Attention U-Net 0.905; nnU-Net 0.915; TransUNet 0.913	In the MSD dataset, Dice values have been reported to vary approximately between 0.89 and 0.97.
This study	MSD Task09 Spleen, CT	Attention U-Net	Test Dice 0.9566, Test IoU 0.9168, Test HD95 2.6912	Higher Dice and IoU values were obtained than many results reported in the literature.
This study	MSD Task09 Spleen, CT	3D U-Net	Test Dice 0.9502, Test IoU 0.9051, Test HD95 1.8235	In terms of boundary accuracy, the lowest HD95 value in the study was obtained with this model.

Table 2 shows that, overall, U-Net-based approaches exhibit high performance on this dataset. Specifically, the Attention U-Net model performed well in overlap-based metrics, while the 3D U-Net model excelled in boundary accuracy.

5. CONCLUSION

This study compared four different 3D segmentation approaches on the MSD Task09 Spleen dataset: 3D U-Net, Attention 3D U-Net, SwinUNETR, and SwinUNETR Overlap 0.5. The models were evaluated using Dice, IoU, and HD95 metrics, thus examining both volumetric overlap success and boundary accuracy. According to the test results, the Attention 3D U-Net model achieved the highest

overlap success with Dice and IoU values of 0.9566 and 0.9168 respectively. In contrast, the 3D U-Net model produced the lowest boundary error with an HD95 value of 1.8235. The results show that the Attention mechanism can improve volumetric overlap performance, while the 3D U-Net model can represent organ boundaries more accurately. Although SwinUNETR-based models produced competitive results in the validation phase, they performed worse than U-Net-based models in the test set. It is considered that this situation may be related to the dataset size, training settings, and data requirements of transformer-based architectures. Overall, the study shows that the Dice score alone is insufficient for model evaluation in spleen segmentation. Evaluating overlap-based metrics such as Dice and IoU together with boundary-based metrics such as HD95 allows for a more comprehensive interpretation of segmentation performance. The findings reveal the strengths and weaknesses of different 3D segmentation architectures, providing a comparative reference for future studies.

REFERENCES

[1] Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2015 (pp. 234-241). Springer.

[2] Çiçek, Ö., Abdulkadir, A., Lienkamp, SS, Brox, T., & Ronneberger, O. (2016). 3D U-Net: Learning dense volumetric segmentation from sparse annotation. In Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2016 (pp. 424-432). Springer.

[3] Milletari, F., Navab, N., & Ahmadi, S.A. (2016). V-Net: Fully convolutional neural networks for volumetric medical image segmentation. Proceedings of the Fourth International Conference on 3D Vision (3DV), 565-571.

[4] Isensee, F., Jaeger, P.F., Kohl, SAA, Petersen, J., & Maier-Hein, K.H. (2021). nnU-Net: A self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature Methods, 18, 203-211. https://doi.org/10.1038/s41592-020-01008-z

[5] Oktay, O., Schlemper, J., Le Folgoc, L., Lee, M., Heinrich, M., Misawa, K., Mori, K., McDonagh, S., Hammerla, NY, Kainz, B., Glocker, B., & Rueckert, D. (2018). Attention U-Net: Learning where to look for the pancreas. arXiv preprint arXiv:1804.03999.

[6] Zhang, J., Chen, X., Yang, B., Guan, Q., Chen, Q., Chen, J., Wu, Q., Xie, Y., & Xia, Y. (2025). Advances in attention mechanisms for medical image segmentation. Computer Science Review, 56, 100721. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100721

[7] Hatamizadeh, A., Tang, Y., Nath, V., Yang, D., Myronenko, A., Landman, B., ... & Xu, D. (2022). Unetr: Transformers for 3D medical image segmentation. In Proceedings of the IEEE/CVF winter conference on applications of computer vision (pp. 574-584).

[8] Hatamizadeh, A., Nath, V., Tang, Y., Yang, D., Roth, H.R., & Xu, D. (2022b). Swin UNETR: Swin transformers for semantic segmentation of brain tumors in MRI images. In Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries. Springer.

[9] Xiao, H., Li, L., Liu, Q., Zhu, X., & Zhang, Q. (2023). Transformers in medical image segmentation: A review. Biomedical Signal Processing and Control, 84, 104791. https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.104791

[10] Liu, Z., Lv, Q., Yang, Z., Li, Y., Lee, C.H., & Shen, L. (2023). Recent progress in transformer-based medical image analysis. Computers in Biology and Medicine, 164, 107268. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2023.107268

[11] Moon, H., Huo, Y., Abramson, RG, Peters, RA, Assad, A., Moyo, TK, Savona, MR, & Landman, BA (2019). Acceleration of spleen segmentation with end-to-end deep learning method and automated pipeline. Computers in Biology and Medicine, 107, 109-117.

[12] Altini, N., Prencipe, B., Cascarano, G.D., Brunetti, A., Brunetti, G., Triggiani, V., Carnimeo, L., Marino, F., Guerriero, A., Villani, L., Scardapane, A., & Bevilacqua, V. (2022). Liver, kidney and spleen segmentation from CT scans and MRI with deep learning: A survey. Neurocomputing, 490, 30-53.

[13] Hu, P., Li, J., Wang, Y., & Kong, D. (2025). Deep learning in abdominal organ segmentation: A review. Intelligent Oncology, 1(4), 277-289. https://doi.org/10.1016/j.intonc.2025.06.007

[14] Antonelli, M., Reinke, A., Bakas, S., Farahani, K., Kopp-Schneider, A., Landman, BA, et al. (2022). The Medical Segmentation Decathlon. Nature Communications, 13, 4128. https://doi.org/10.1038/s41467-022-30695-9

[15] Cardoso, M.J., Li, W., Brown, R., Ma, N., Kerfoot, E., Wang, Y., et al. (2022). MONAI: An open-source framework for deep learning in healthcare. arXiv preprint arXiv:2211.02701.

[16] Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Wei, Y., Zhang, Z., Lin, S., & Guo, B. (2021). Swin Transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 9992–10002.

[17] Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). Adam: A method for stochastic optimization. International Conference on Learning Representations (ICLR).

[18] Loshchilov, I., & Hutter, F. (2019). Decoupled weight decay regularization. International Conference on Learning Representations (ICLR).

[19] Taha, AA, & Hanbury, A. (2015). Metrics for evaluating 3D medical image segmentation: Analysis, selection, and tool. BMC Medical Imaging, 15, 29.

[20] Meddeb, A., Kossen, T., Bressem, KK, Hamm, B., & Nagel, S.N. (2021). Evaluation of a Deep Learning Algorithm for Automated Spleen Segmentation in Patients with Conditions Directly or Indirectly Affecting the Spleen. Tomography, 7(4), 950-960. https://doi.org/10.3390/tomography7040078

[21] Rahman, S., Raju, MAH, Evna Jafar, A., Akter, M., Suma, I. J., & Uddin, J. (2025). Enhanced U-Net for Spleen Segmentation in CT Scans: Integrating Multi-Slice Context and Grad-CAM Interpretability. BioMedInformatics, 5(4), 56. https://doi.org/10.3390/biomedinformatics5040056

HYPERPARAMETER OPTIMIZATION-BASED STRUCTURAL FIELD RECONSTRUCTION FOR STRUCTURAL HEALTH MONITORING UNDER LIMITED DATA REGIME

Rıfat Burak ÖZKAN

Bursa Uludağ University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 16059, Bursa, Turkiye

ORCID NO: 0009-0000-1141-5808

Burak ALTAŞ

Bursa Uludağ University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 16059, Bursa, Turkiye

ORCID NO: 0009-0001-6748-0921

Prof. Dr. Murat UYAR

Bursa Uludağ University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 16059, Bursa, Turkiye

ORCID NO: 0000-0001-7243-7939

Alimurtaza RUTCİ

Turkish Aerospace Industries, 06980 Ankara, Turkiye.

ORCID NO: 0000-0002-9303-1767

ABSTRACT

In structural health monitoring (SHM), reconstructing the full-field strain distribution across a surface from a sparse set of physical sensors is a fundamental challenge for aerospace applications, inherently constrained by limited sensor deployment and high computational costs. This study proposes a data-driven framework for reconstructing the full-field strain distribution of a delta-wing aircraft using only five optimal sensors. The underlying dataset comprises a finite element analysis (FEA) model with approximately 107,000 nodes, generated under 13 distinct load scenarios using ANSYS Mechanical. Proper orthogonal decomposition and the discrete empirical interpolation method were utilized to determine the optimal sensor locations. Sensor measurements were enriched through spatial coordinates, polynomial interaction terms, and physics-informed features. These descriptors were subsequently used to train a weighted ensemble combining Elastic-Net and Gaussian process (GP) regressors. Under a leave-one-out cross-validation protocol, the proposed ensemble achieved a weighted R^2 of 0.891, outperforming seven alternative architectures. Furthermore, five hyperparameter optimization methods (TPE, CMA-ES, NSGA-II, PSO, and simulated annealing) were systematically benchmarked across multiple performance metrics. While PSO yielded the highest wR^2 (0.913), TPE provided the most balanced node-based median R^2 (0.862). The observed discrepancies among evaluation metrics highlight the importance of multi-metric assessment when optimizing structural reconstruction models under limited-data conditions.

Keywords: Structural health monitoring, Limited data regime, Strain field reconstruction, POD-DEIM, Hyperparameter optimization.

1. INTRODUCTION

Structural health monitoring (SHM) systems provide a critical framework for ensuring the lifecycle reliability of modern aerospace structures and implementing condition-based maintenance strategies

(Farrar & Worden, 2012). The primary objective of these systems is to reconstruct the full-field strain distribution of a structural surface using data from a limited number of physical sensors. In aerospace platforms operating under stringent weight, cost, and payload constraints, the need to minimize sensor density—coupled with the prohibitive computational cost of generating comprehensive training sets—often renders the reconstruction task a limited-data problem with a small number of available loading scenarios. To achieve low-dimensional representations of strain fields, proper orthogonal decomposition (POD) is widely deployed to extract dominant structural deformation modes (Berkooz et al., 1993), while the discrete empirical interpolation method (DEIM) leverages these modes to systematically identify optimal sensor locations with maximum information density (Chaturantabut & Sorensen, 2010).

However, the reconstruction phases of these traditional approaches generally rely on linear operators, which often fail to capture complex, highly nonlinear strain distributions. While flexible machine learning (ML) alternatives like Gaussian process (GP) regression offer exceptional generalization capabilities under data constraints, embedding domain-specific physical principles directly into the feature space has recently emerged as a powerful paradigm to enhance predictive performance without exacerbating model complexity (Karniadakis et al., 2021). Feeding physically derived descriptors—such as strain gradients, distance-weighted spatial averages, and axial asymmetry terms capturing aerodynamic loading trends—into the learning pipeline can improve reconstruction performance under limited-data conditions.

Limited-data conditions pose significant challenges for both model training and validation, as the reliability of performance estimates becomes increasingly sensitive to the available sample size. Consequently, the sensitivity of ML algorithms to hyperparameter choices increases, and even minor shifts in the hyperparameter space can lead to substantial variations in generalization performance (Cawley & Talbot, 2010). This behavior elevates hyperparameter optimization (HPO) from a routine tuning step to a critical modeling decision (Yang & Shami, 2020). However, comparative studies investigating how different HPO paradigms behave in sparse-sensor, high-dimensional structural field reconstruction under limited-data conditions remain scarce. Although various HPO paradigms with distinct search behaviors have been established—including tree-structured Parzen estimators (TPE) (Bergstra et al., 2011), covariance matrix adaptation evolution strategy (CMA-ES) (Hansen & Ostermeier, 2001), Non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II) (Deb et al., 2002), particle swarm optimization (PSO) (Kennedy & Eberhart, 1995), and simulated annealing (SA) (Kirkpatrick et al., 1983)—systematic benchmarking of these methodologies specifically for high-dimensional structural field reconstruction remains largely unaddressed.

A compounding challenge in data-restricted environments emerges during the model evaluation phase. A single performance metric computed over a small validation sample often fails to reliably characterize global model behavior; for instance, mean-based metrics can easily mask localized spatial inhomogeneities while capturing overall global fit. Therefore, adopting comprehensive multi-metric diagnostic approaches for field reconstruction is essential to mitigate the risk of misleading, single-metric-driven optimization decisions.

To address these challenges, this study presents a systematic framework for hyperparameter optimization and multi-metric evaluation under severe data limitations. The framework is validated on a high-dimensional finite element dataset comprising approximately 107,000 nodes generated from 13 distinct load scenarios of a delta-wing aircraft in ANSYS Mechanical. The main contributions of this work are twofold:

- First, an optimized baseline architecture, termed STAGE-EN (Stacking GP Ensemble with Elastic-Net), is developed and evaluated under a scenario-based leave-one-out cross-validation (LOOCV) protocol. The framework combines Elastic-Net regression to capture global trends with GP regression to model nonlinear residual behavior and incorporates physics-informed features to improve reconstruction accuracy and stability.
- Second, the proposed baseline is used to perform a comparative assessment of five hyperparameter optimization algorithms across multiple evaluation metrics, including global, weighted, and node-wise median R^2 measures. The results reveal metric-dependent differences

in optimizer rankings and demonstrate that relying on a single performance criterion may obscure important aspects of reconstruction quality under data-sparse conditions.

2. METHODOLOGY

2.1. Dataset Generation and Aero-Structural Load Cases

The underlying dataset for this study is derived from high-fidelity finite element analysis (FEA) simulations of a delta-wing aircraft, modeled in ANSYS Mechanical. To accurately simulate the diverse and complex operational loading conditions encountered throughout an aerospace flight envelope, 13 distinct structural load scenarios were systematically defined. These scenarios encompass a broad aerodynamic spectrum, featuring localized spatial lift distributions concentrated at the leading edge (LE), trailing edge (TE), wingtip, and mid-span regions. Additionally, pure torsion configurations along the tip-root axis, uniform pressure fields applied to the upper and lower surfaces, and multi-axial combined force interactions were modeled.

For each individual load scenario, the equivalent elastic strain responses were computed across a high-dimensional mesh grid consisting of approximately 107,000 nodes, yielding a comprehensive full-field baseline dataset. Figure 1 illustrates a representative full-field strain distribution under a sample loading case, highlighting the prominent geometric and load-dependent spatial variability across the wing surface. As quantitatively shown in the high-fidelity contours of Figure 1, the equivalent elastic strain levels span a continuous numerical spectrum, peaking at 8.0×10^{-4} mm/mm. The primary structural stress concentration—denoted by the red 'Max' indicator—is localized at the mid-span region along the leading-edge boundary, while the 'Min' indicator stabilizes at approximately 8.88×10^{-5} mm/mm near the lower skin boundary. This co-existence of localized high-strain bands (red/orange) and extensive relaxation fields (blue) visually confirms a highly non-homogeneous structural topology across the wing geometry. From a data-driven perspective, these intense spatial gradients demonstrate that global linear interpolation would fail to resolve localized peak anomalies, providing a strong engineering justification for the hybrid, non-linear baseline framework proposed in this study.

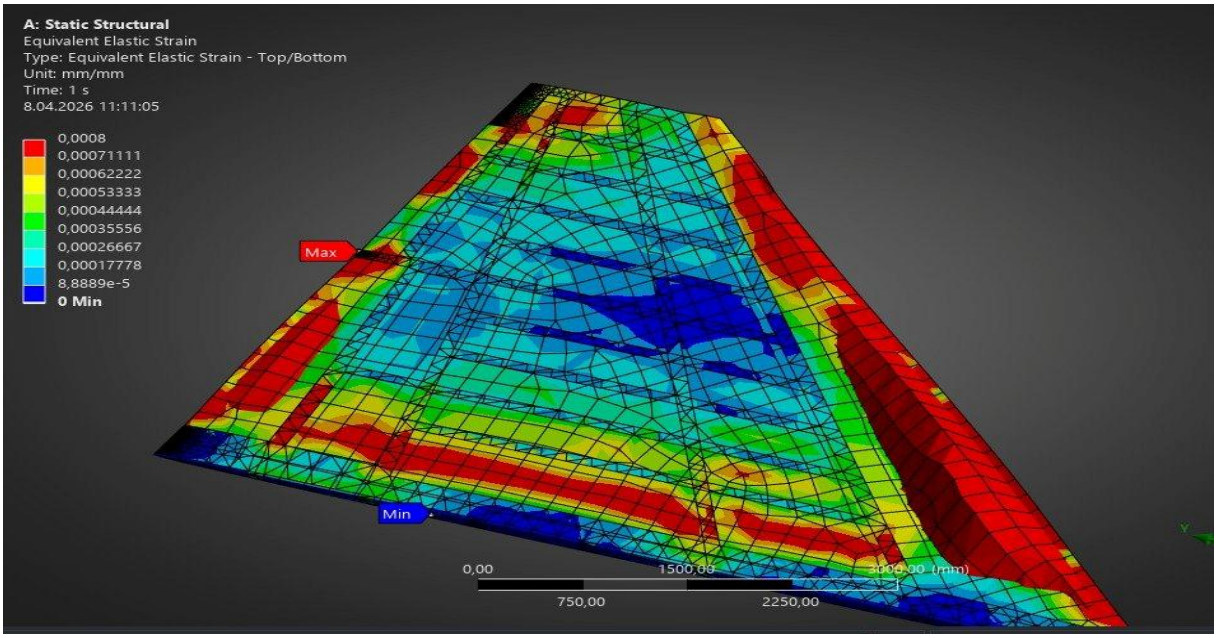


Figure 1. Sample equivalent elastic strain distribution on a delta wing obtained in ANSYS Mechanical.

To facilitate robust generalization under severe data limitations, the loading magnitudes were carefully calibrated to yield comparable peak strain thresholds (~10^{-3}– ~10^{-2}) across the structural surface, as detailed in Table 1. This intentional diversification ensures that the data-driven framework is exposed to varied modal activations, mimicking real-world sparse training constraints.

Table 1. Catalog of the thirteen structural load scenarios (S1–S13) defined for the delta wing model.

ID	Scenario	Load Type	Direction	Magnitude
S1	Mid-span uniformly distributed lift	Distributed lift	+Z	10,000 N
S2	Leading-edge concentrated lift	LE-based lift	+Z	10,000 N
S3	Wingtip concentrated lift	Tip-based lift	+Z	10,000 N
S4	Trailing-edge concentrated lift	TE-based lift	+Z	10 000 N
S5	Split torsion: LE up / TE down	Pure torsion	±Z	±5,000 N
S6	Tip-to-root axis torsion	Tip-root torsion	±Z	±5,000 N
S7	Tip and LE combined drag and lateral load	Combined drag	−X / +Y	±5,000 N
S8	Lower-to-upper surface uniform pressure	Aerodynamic pressure	+Z	0,01 MPa
S9	Upper-to-lower surface uniform pressure	Aerodynamic pressure	−Z	0,01 MPa
S10	Multi-point opposing LE/TE tip loads	Combined multi-point	Mixed	Mixed
S11	Leading-edge strip lift distribution	LE-strip lift	+Z	10,000 N
S12	Trailing edge downward concentrated load	TE pressure	−Z	4,472 N
S13	Tip and root combined torsion and drag	Combined torsion	Mixed	5,657 N

2.2. Optimal Sensor Placement via SVD-DEIM with Spatial Constraints

To reconstruct the high-dimensional full-field strain from sparse physical instrumentation, the optimal sensor configuration was determined utilizing a singular value decomposition (SVD)-DEIM. The high-dimensional FEA strain data matrix, spanning the 107,000 mesh nodes and 13 load cases, was initially normalized to a [0, 1] range for each scenario. SVD was subsequently executed to extract the dominant POD modes, retaining the minimum number of core structural modes necessary to capture 99% of the cumulative structural variance.

The DEIM algorithm iteratively evaluates these dominant modes to isolate the five most informative target nodes. To mitigate spatial redundancy and prevent sensor clustering in identical high-strain fields, a spatial minimum-distance boundary constraint was embedded directly into the selection routine. This restriction forces the algorithm to bypass neighboring redundant nodes, ensuring a spatially distributed sensing network. The resulting configuration of the 5 optimal strain gauge (SG) sites and their topological distribution across the delta wing layout is visualized in Figure 2. As shown, the selected nodes (SG-1 through SG-5) align along critical structural trajectories to maximize modal information capture.

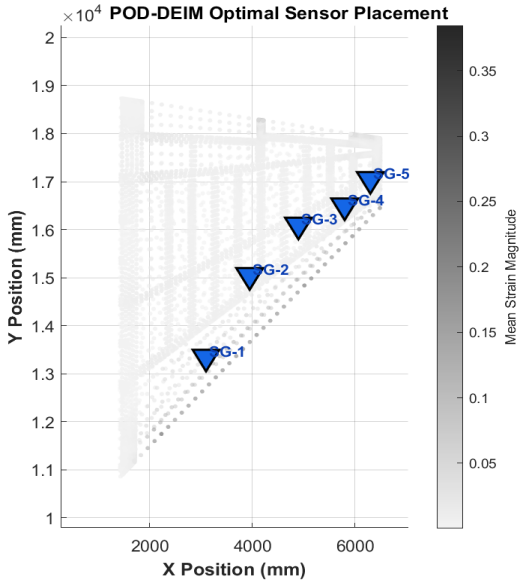


Figure 2. Optimal strain gauge locations determined by the SVD-DEIM algorithm under a minimum-distance constraint: five sensors and their spatial distribution on the delta wing.

2.3. Physics-Informed Feature Augmentation

To enhance the generalization capability of the framework within a restricted data regime, the raw discrete strain measurements extracted from the 5 optimal sensors were heavily augmented. The baseline input vector was enriched by appending spatial coordinates (X, Y, Z) and a targeted set of polynomial interaction terms, filtered using a random forest importance measure.

Crucially, domain-specific descriptors rooted in structural mechanics principles were directly embedded into the feature space. These physics-informed attributes include localized strain gradients between adjacent sensor pairs, distance-weighted spatial averages relative to the wing's geometric centroid, and axial asymmetry terms designed to map the orientation tendencies of aerodynamic loads. This feature engineering process yields a robust 42-dimensional augmented input vector. Embedding these structural mechanics principles stabilizes the hyperparameter optimization trajectory by restricting unphysical mappings, significantly reducing model sensitivity under data-sparse conditions.

2.4. Baseline Architectures and the STAGE-EN Ensemble Framework

The primary stage of the regression modeling workflow establishes an optimized baseline that concurrently handles global and localized deformation behaviors. Six regression architectures were developed and benchmarked. Lasso and Elastic-Net (EN) regression models serve as the foundational baselines, selected for their inherent regularization capabilities and feature selection performance in sparse, high-dimensional spaces.

To mitigate localized nonlinearities and complex residual fields where linear estimators typically degrade, a hybrid framework was formulated by modeling EN residuals with a GP regressor. This core approach was progressively extended to an EN+ResGP ensemble and an EN+GP stack via stacked generalization. Ultimately, the proposed STAGE-EN framework was established as an optimized, node-wise weighted ensemble variant. By leveraging a dynamic error-weighting mechanism based on historical localized performance, STAGE-EN adaptively blends global linear trends with localized nonlinear residuals, effectively preventing overfitting and stabilizing field predictions under strict data constraints.

2.5. Hyperparameter Optimization (HPO) Strategies

The core investigation of this study focuses on navigating the high sensitivity of the STAGE-EN architecture under limited data regimes by benchmarking five distinct metaheuristic search strategies:

- **Tree-Structured Parzen Estimator (TPE):** A sequential, Bayesian model-based optimization approach that models the parameter space using probability density functions.
- **Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy (CMA-ES):** A continuous, derivative-free evolutionary algorithm tailored for non-linear, non-convex optimization spaces.
- **Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II):** A population-based genetic search mechanism adapted here for multi-metric optimization paths.
- **Particle Swarm Optimization (PSO):** A swarm intelligence algorithm that optimizes parameters through collaborative trajectory sharing.
- **Simulated Annealing (SA):** A stochastic, thermodynamic-inspired local search technique that explores the parameter landscape by dynamically scaling a temperature threshold.

To maintain strict benchmarking objectivity, all five algorithms were executed under identical search space boundaries and bounded by an equivalent computational evaluation budget.

2.6. Performance Evaluation Metrics

To assess structural reconstruction accuracy without global-average bias, a multi-metric protocol was deployed under a rigorous scenario-based LOOCV scheme. The framework's behavior is evaluated using four statistical indicators: Mean R^2, weighted mean R^2 (wR^2), global weighted R^2, and node-wise median R^2. This multi-metric approach ensures that overall global convergence, surface spatial homogeneity, and local node prediction consistency are monitored simultaneously, eliminating the risks associated with single-metric evaluation trends in data-sparse domains.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Baseline Model Performance Evaluation via LOOCV

The initial phase of the numerical investigation systematically benchmarks the six alternative regression architectures under a strict scenario-based LOOCV protocol using the 5-sensor configuration. This rigorous validation scheme ensures that the models are evaluated on completely unseen aerodynamic environments, simulating real-world operational challenges. The quantitative performances across the four distinct statistical indicators are summarized in Table 2.

Table 2. Quantitative performance metrics of baseline regression models under the LOOCV protocol.

Model	R^2 (Mean)	wR^2 (Mean)	Global wR^2	Node Median R^2
Lasso	0.8611	0.8863	0.8443	0.6862
Elastic-Net (EN)	0.8641	0.8911	0.8392	0.7928
EN + Residual GP	0.8619	0.8907	0.8392	0.7927
EN + ResGP (Ensemble)	0.8624	0.8907	0.8392	0.7929
EN + GP Stack	0.4449	0.3420	0.8027	0.8318
STAGE-EN (Proposed)	0.8729	0.8915	0.8483	0.8256

An analysis of Table 2 demonstrates that the proposed STAGE-EN framework provides the most balanced overall performance among the evaluated architectures. It achieves the highest mean R^2 (0.8729) and global wR^2 (0.8483), while also improving the node-wise median R^2 from 0.7928 for the baseline Elastic-Net model to 0.8256. These results indicate that STAGE-EN enhances both global reconstruction accuracy and spatial prediction consistency.

The EN+GP Stack model provides a clear example of metric-dependent interpretation. Despite achieving a node-wise median R^2 of 0.8318, its mean R^2 drops to 0.4449, revealing a substantial discrepancy between local and global performance assessments. This behavior demonstrates that reconstruction quality cannot be fully characterized by a single metric and reinforces the need for complementary evaluation criteria when benchmarking structural field reconstruction models under limited-data conditions. A similar trend is observed for the Lasso model, which attains competitive global scores (wR^2 = 0.8863) but exhibits considerably lower node-wise consistency (median R^2 = 0.6862).

Figure 3 presents the five strain-gauge locations identified by the POD-DEIM algorithm together with the reconstruction error distributions for the best (S10) and worst (S12) validation scenarios. For S10, the proposed framework achieved an R^2 of 0.9728, with a median relative error of 0.018% and a 95th-percentile error of 0.078%, indicating highly accurate full-field reconstruction. However, the R^2 value decreased to 0.7404 for S12, despite a lower median relative error of 0.008% and a comparable 95th-percentile error of 0.071%. In addition, the DEIM-selected strain gauges are distributed from the root region toward the wingtip, covering structurally informative zones and enabling the framework to capture both global and localized deformation patterns across the wing surface.

This apparent contradiction highlights the importance of evaluating reconstruction performance using multiple complementary metrics. This observation is consistent with the metric-dependent behavior previously observed in Table 2. While the majority of nodes in S12 were reconstructed with low relative error, localized error concentrations were observed near the wingtip and along selected leading-edge segments. These localized deviations disproportionately affected the global goodness-of-fit despite the favorable median error statistics, demonstrating that localized reconstruction errors can significantly influence global performance measures.

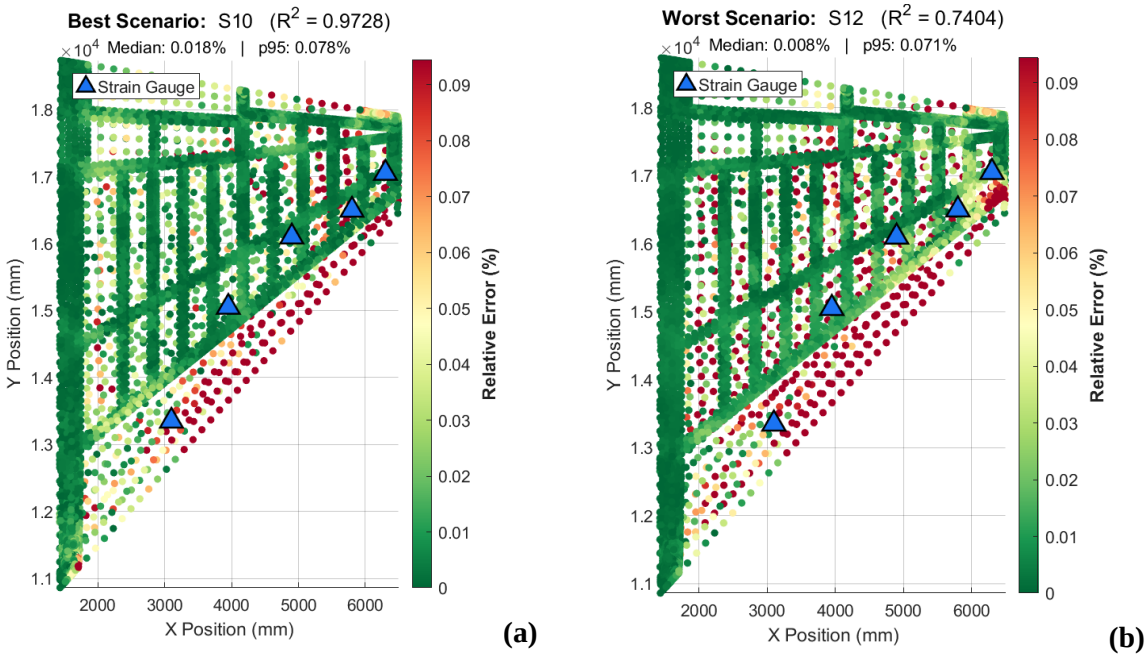


Figure 3. Five strain gauge locations determined by DEIM (blue triangles) and the relative error distribution for two representative scenarios: **(a)** the most successful case (R^2 = 0.9728) and **(b)** the least successful case (R^2 = 0.7404).

3.2. Overall Metric-Based HPO Benchmarking

Having established STAGE-EN as the optimal baseline architecture, the second stage of this investigation conducts a rigorous comparative analysis of five distinct metaheuristic search approaches to address the model's hyperparameter sensitivity. To ensure a completely unbiased benchmark, all algorithms—TPE, CMA-ES, NSGA-II, PSO, and SA—were restricted to identical computational budgets and search space boundaries. The consolidated optimization results across the multi-metric spectrum are presented as a performance matrix in Figure 4.

The empirical results reveal metric-dependent performance differences across the optimization paradigms. For the global performance metrics (mean R^2 and wR^2), PSO and TPE consistently occupy the top performance stage. PSO achieved the highest weighted coefficient of determination (wR^2 = 0.9134), while TPE followed closely with a wR^2 of 0.9125. A similar pattern is observed for the mean R^2 metric, where PSO (0.8925) and TPE (0.8928) delivered nearly identical performance. These results indicate that both optimization strategies are highly effective at identifying hyperparameter configurations that maximize overall reconstruction accuracy.

However, the benchmarking landscape shifts drastically upon transitioning to the node median R^2 metric, which evaluates localized spatial homogeneity. In this local diagnostic stage, TPE achieves the highest performance (0.8619), followed by PSO (0.8577). Crucially, alternative paradigms like NSGA-II (0.7691) and SA (0.7662)—which demonstrated acceptable competence in global fits—exhibit a severe performance degradation in localized median scores. This rapid decline shows that while NSGA-II and SA can isolate parameters that capture global structural trends, they fail to maintain spatial homogeneity, leading to severe localized error concentrations across critical zones of the wing topology.

Furthermore, the continuous CMA-ES approach exhibits a mediocre profile across the entire metric spectrum, failing to reach either the upper or lower performance brackets. Given severe data limitations, the limited number of available loading scenarios (13 load cases) provides insufficient sample density for the algorithm to accurately adapt its internal covariance matrix structure, thereby preventing CMA-ES from unlocking its full mathematical potential in this specific structural challenge.

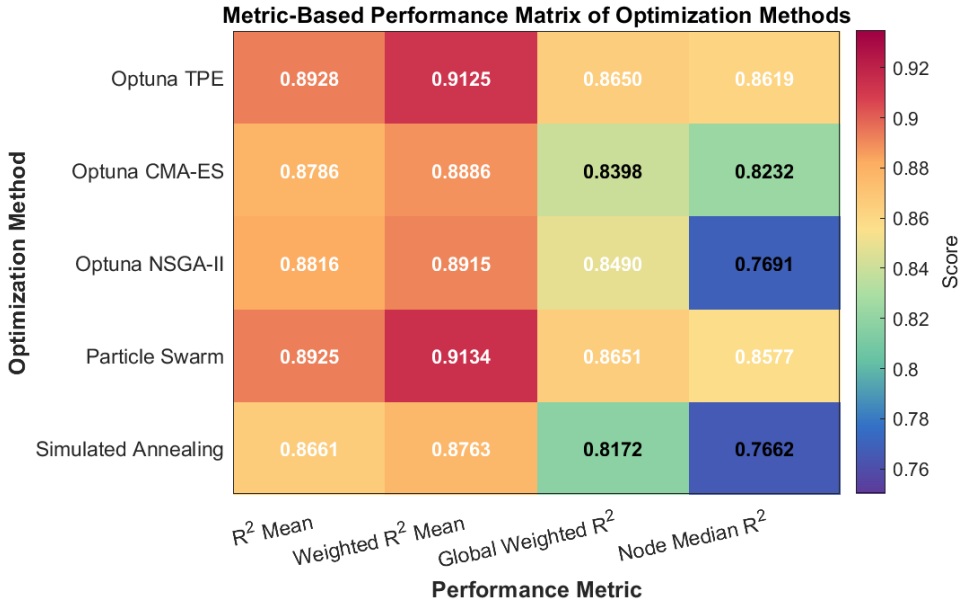


Figure 4. Comparison of five hyperparameter optimization methods across four performance metrics.

3.3. Scenario-Specific Robustness and Heatmap Analysis

To reveal the algorithmic behaviors under explicit aerodynamic variants, a granular inspection was performed using the scenario-based wR^2 performance heatmap presented in Figure 5. The empirical

results demonstrate that standard distributed lift profiles (S1, S2, S3) and uniform surface pressure envelopes (S8) pose minimal optimization challenges, with all five metaheuristic frameworks consistently exceeding the 0.95 accuracy threshold. Notably, NSGA-II and SA achieve absolute full-field convergence ($wR^2 = 1.000$) under the wingtip concentrated lift layout (S3), closely followed by PSO ($wR^2 = 0.985$) and TPE ($wR^2 = 0.982$).

Conversely, the benchmarking boundary degrades severely under multi-axial, localized, or asymmetric structural conditions, revealing the clear operational limits of specific estimators. Under the trailing-edge concentrated loading configuration (S4), a localized performance dip occurs across the entire spectrum; PSO and TPE display the highest numerical resilience, retaining a wR^2 of 0.703, whereas SA exhibits a significant collapse to 0.604. Similarly, during the split torsion scenario (S5) and combined lateral drag interaction (S7), PSO maintains dominant tracking profiles ($wR^2 = 0.826$ and $wR^2 = 0.899$, respectively), while NSGA-II ($wR^2 = 0.690$ under S7) and SA ($wR^2 = 0.634$ under S7) fail to resolve the high-frequency structural shears.

The most profound methodological insight emerges from the localized anomaly identified within the CMA-ES framework. Although CMA-ES remains relatively mediocre across global evaluations due to sample scarcity under the restricted data regime, it demonstrates a striking mathematical advantage under the combined tip and root torsion/drag case (S13). In this highly intricate multi-axial scenario, CMA-ES achieves a dominant wR^2 of 0.922, explicitly outperforming both TPE (0.859) and PSO (0.855). This critical evidence validates that a single omnipotent HPO paradigm does not exist for data-restricted environments; an algorithm that appears average in overall metrics can yield superior optimization capabilities under specific, highly coupled structural loading topologies. Consequently, analyzing scenario-specific heatmaps alongside macro-metrics is mathematically indispensable for robust deployment of digital twin diagnostics.

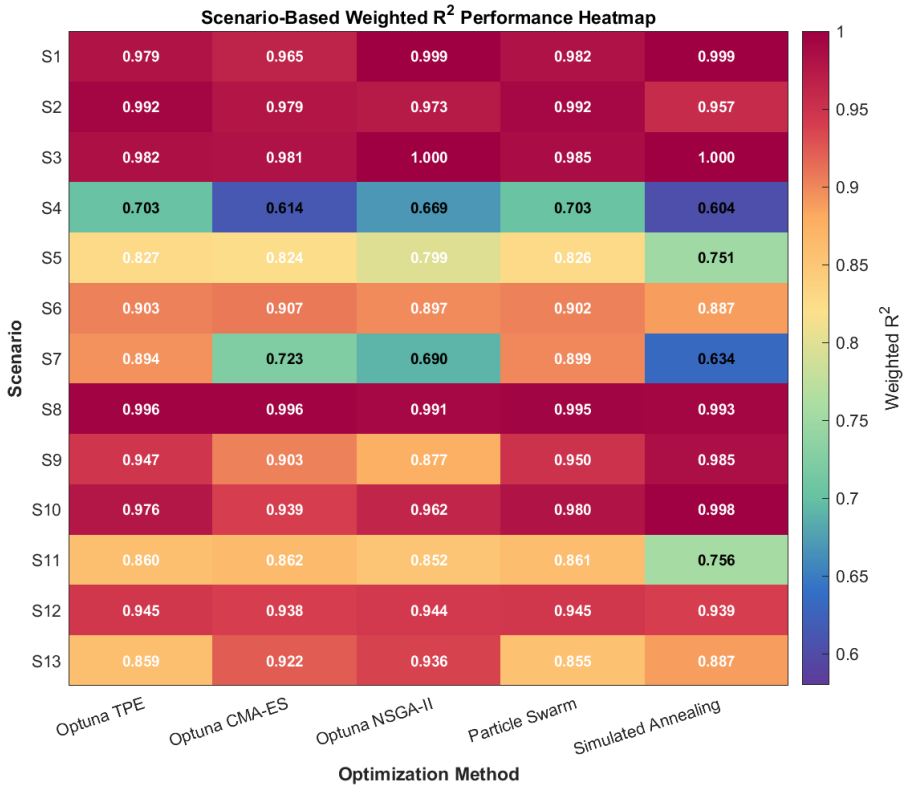


Figure 5. Scenario-based weighted R^2 performance heatmap of the optimization methods across the thirteen structural load configurations.

4. CONCLUSION

This study investigated full-field strain reconstruction under a restricted-data regime through a two-stage modeling and optimization framework. The proposed methodology was validated using a high-fidelity finite-element dataset comprising approximately 107,000 nodes and 13 flight-load scenarios for a delta-wing aircraft. In the first stage, six regression architectures were evaluated under a scenario-based LOOCV protocol using only five sensor locations selected via a hybrid POD-DEIM strategy. Within an enriched feature space incorporating spatial interaction terms and physics-guided descriptors, the proposed STAGE-EN framework achieved the strongest baseline performance, attaining a mean R^2 of 0.873 and a wR^2 of 0.891.

In the second stage, the hyperparameter landscape of STAGE-EN was explored using five metaheuristic optimization algorithms (TPE, CMA-ES, NSGA-II, PSO, and SA). The results showed that PSO delivered the highest overall reconstruction accuracy with a peak wR^2 of 0.9134, whereas TPE produced the most spatially consistent reconstructions, achieving a peak node-wise median R^2 of 0.8619. These findings demonstrate that no single optimization strategy dominates across all evaluation criteria and highlight the importance of multi-metric assessment in structural field reconstruction.

A key methodological contribution of this work is the observation that evaluation metrics can yield substantially different rankings of optimization algorithms. While mean-based metrics primarily reflect global reconstruction fidelity, median-based indicators are more sensitive to spatial consistency. Moreover, scenario-level analyses revealed that CMA-ES can provide competitive localized tracking performance under complex loading conditions despite only moderate aggregate scores. These findings underscore the limitations of single-metric validation and support the use of complementary metrics combined with scenario-specific analyses.

The proposed framework further demonstrates that reliable full-field strain estimation can be achieved from a highly limited sensing configuration when physics-informed feature engineering is integrated with ML and metaheuristic optimization. This capability is particularly relevant for practical SHM applications where sensor deployment is constrained by cost, accessibility, or operational limitations.

Despite these promising results, the study remains limited by the finite set of loading scenarios and the exclusive use of simulation data. Future work will focus on incorporating dynamic loading histories, investigating adaptive sensor placement strategies, and validating the framework through experimental strain-gauge measurements. Overall, the proposed STAGE-EN-based framework provides an accurate, computationally efficient, and reliable foundation for sparse-sensor strain reconstruction, digital twins, and real-time SHM in data-constrained aerospace structures.

REFERENCES

Bergstra, J., Bardenet, R., Bengio, Y., & Kégl, B. (2011). Algorithms for hyper-parameter optimization. Advances in Neural Information Processing Systems, 24, 2546–2554.

Berkooz, G., Holmes, P., & Lumley, J. L. (1993). The proper orthogonal decomposition in the analysis of turbulent flows. Annual Review of Fluid Mechanics, 25(1), 539–575. https://doi.org/10.1146/annurev.fl.25.010193.002543

Cawley, G. C., & Talbot, N. L. C. (2010). On over-fitting in model selection and subsequent selection bias in performance evaluation. Journal of Machine Learning Research, 11, 2079–2107.

Chaturantabut, S., & Sorensen, D. C. (2010). Nonlinear model reduction via discrete empirical interpolation. SIAM Journal on Scientific Computing, 32(5), 2737–2764. https://doi.org/10.1137/090766498

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2), 182–197. https://doi.org/10.1109/4235.996017

Farrar, C. R., & Worden, K. (2012). Structural health monitoring: A machine learning perspective. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781118443118

Hansen, N., & Ostermeier, A. (2001). Completely derandomized self-adaptation in evolution strategies. Evolutionary Computation, 9(2), 159–195. https://doi.org/10.1162/106365601750190398

Karniadakis, G. E., Kevrekidis, I. G., Lu, L., Perdikaris, P., Wang, S., & Yang, L. (2021). Physics-informed machine learning. Nature Reviews Physics, 3(6), 422–440. https://doi.org/10.1038/s42254-021-00314-5

Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 4, 1942–1948. https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968

Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. Science, 220(4598), 671–680. https://doi.org/10.1126/science.220.4598.671

Yang, L., & Shami, A. (2020). On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice. Neurocomputing, 415, 295–316. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.07.061

ENERJİ YOKSULLUĞUYLA MÜCADELEDE GÜNEŞ ENERJİSİ: GİNE'NİN ELEKTRİK ERİŞİM AÇIĞI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ GEÇİŞİ İÇİN MEKÂNSAL BİR YOL HARİTASI

Mamadou Alpha BARRY [1]

[1] Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Programı, Serdivan, Sakarya, Türkiye

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8507-5520

Cenk YAVUZ [2]

[2] Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Böl, Serdivan, Sakarya, Türkiye

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4325-2852

ÖZET

Sahra altı Afrika'nın enerji yoksulluğuyla boğuşan ülkeleri arasında yer alan Gine Cumhuriyeti, 2023 yılı itibarıyla yalnızca %51 elektrik erişim oranına sahipken üretiminin yaklaşık %80'ini hidroelektrik kaynaklara dayandırmaktadır. Mevsimsel değişkenliğe aşırı bağımlı bu yapı, ülkenin 2030 yılına kadar elektrik erişimini %80'e çıkarma hedefini tehdit etmekte ve güneş enerjisini stratejik bir alternatif olarak ön plana taşımaktadır.

Bu çalışma, Gine genelinde büyük ölçekli güneş enerjisi santrali (GES) yatırımları için bütünleşik bir mekânsal karar destek çerçevesi sunmaktadır. İki aşamalı metodoloji izlenmiştir: Birinci aşamada ArcGIS Pro ortamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) entegre edilerek güneş ışınımı, eğim, bakı, enerji nakil hatlarına yakınlık, arazi kullanımı ve litoloji dahil dokuz kriter üzerinden ülke geneli uygunluk haritası üretilmiştir. Tutarlılık oranı CR = 0,087 olarak doğrulanmış; çok aşamalı eleme sürecinde 25 nihai aday alan belirlenmiştir. İkinci aşamada bu alanlarda PVSOL yazılımıyla 2.100 kWp kapasiteli, şebekeye bağlı pilot sistem simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

Bulgular, Gine topraklarının %82,91'inin GES geliştirmeye uygun nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Simülasyonlar yıllık birim kazancın 1.667- 1.783 kWh/kWp, sistem performans oranının (PR) ise %89- 90,4 aralığında kaldığını göstermiştir. Ekonomik analizde düzleştirilmiş enerji maliyeti (LCOE) 0,0352- 0,0381 €/kWh, iç verim oranı (IRR) %14,19- 15,63 ve geri ödeme süresi 6- 7 yıl olarak hesaplanmış; duyarlılık analizi finansal sürdürülebilirliği farklı tarife senaryolarında doğrulamıştır. 25 alanın 25 yıllık işletme ömründe yaklaşık 867.685 ton CO_2 tasarrufu sağlayabileceği öngörülmüş, en yüksek teknik ve ekonomik performansıyla Alan 19 pilot yatırım için öncelikli alan olarak önerilmiştir.

Çalışma, yalnızca Gine için değil, benzer coğrafi ve altyapısal koşullara sahip Sahra altı Afrika ülkeleri için de uyarlanabilir, tekrarlanabilir bir planlama modeli ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji yoksulluğu, güneş enerjisi planlaması, CBS-AHP entegrasyonu, fotovoltaik sistem tasarımı, Gine, Batı Afrika, sürdürülebilir kalkınma

SOLAR ENERGY IN THE FIGHT AGAINST ENERGY POVERTY: A SPATIAL ROADMAP FOR GUINEA'S ELECTRICITY ACCESS GAP AND RENEWABLE ENERGY TRANSITION

ABSTRACT

The Republic of Guinea, one of sub-Saharan Africa's most energy-impoverished nations, had an electricity access rate of only 51% as of 2023, while approximately 80% of its generation capacity relies on hydroelectric sources. This over-dependence on seasonally variable production threatens the country's target of reaching 80% electricity access by 2030 and positions solar energy as a strategic alternative.

This study presents an integrated spatial decision-support framework for large-scale solar power plant (SPP) investments across Guinea. A two-stage methodology was adopted. In the first stage, a national suitability map was generated by integrating Geographic Information Systems (GIS) with the Analytic Hierarchy Process (AHP) in ArcGIS Pro, based on nine criteria including solar irradiation, slope, aspect, proximity to transmission lines, land use, and lithology. A consistency ratio of CR = 0.087 was verified, and 25 final candidate sites were identified through a multi-stage filtering process. In the second stage, grid-connected pilot system simulations of 2,100 kWp capacity were conducted for each site using PVSOL software.

The findings reveal that 82.91% of Guinea's land area is suitable for SPP development. Simulations showed that the annual specific yield ranges from 1,667 to 1,783 kWh/kWp, with system performance ratios (PR) between 89% and 90.4%. Economic analysis calculated the levelised cost of energy (LCOE) at 0.0352–0.0381 €/kWh, the internal rate of return (IRR) at 14.19–15.63%, and the payback period at 6–7 years; sensitivity analysis confirmed financial sustainability across multiple tariff scenarios. The 25 sites are estimated to prevent approximately 867,685 tonnes of CO_2 emissions over a 25-year operational lifetime. Site 19, demonstrating the highest technical and economic performance, is recommended as the priority site for a pilot investment.

This study provides a replicable and adaptable planning model not only for Guinea, but also for sub-Saharan African countries facing similar geographical and infrastructural conditions.

Keywords: Energy poverty, solar energy planning, GIS-AHP integration, photovoltaic system design, Guinea, West Africa, sustainable development

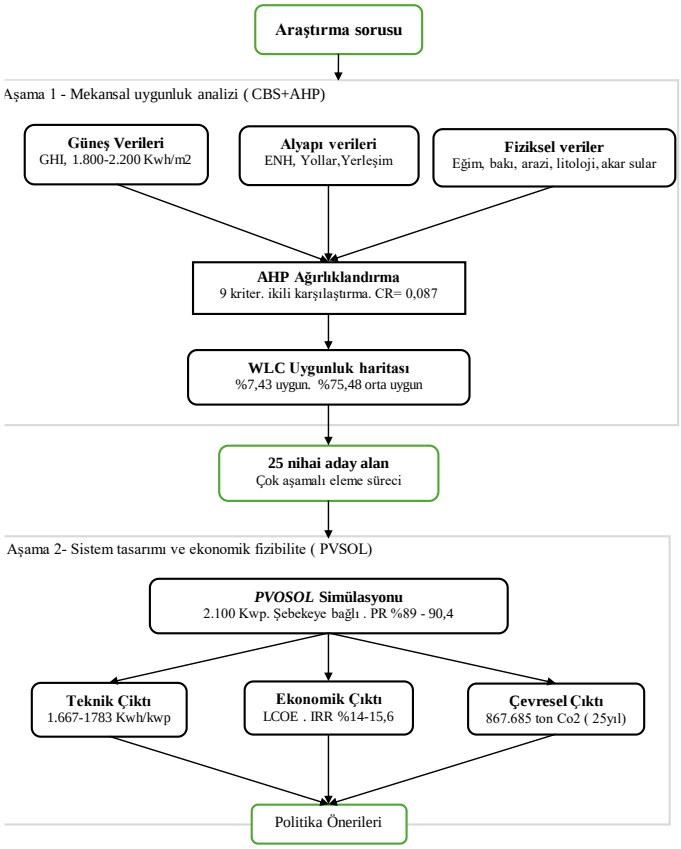
1. GİRİŞ

Dünya genelinde yaklaşık 675 milyon insan elektrik hizmetine erişemezken, bu nüfusun büyük bir kısmı Sahra altı Afrika'da yaşamaktadır (IEA, 2022). Enerji yoksulluğu, yalnızca temel ihtiyaçların karşılanmasını değil, aynı zamanda sağlık, eğitim, ekonomik üretkenlik ve iklim değişikliğiyle mücadeleyi de doğrudan etkileyen yapısal bir sorundur.

Gine Cumhuriyeti bu sorunun en çarpıcı örneklerinden birini oluşturmaktadır. Ülkede ulusal elektrik erişim oranı %51 civarındadır; kentsel alanlarda %90'ı aşan bu oran, kırsal kesimde %30'un altına düşmektedir (World Bank, 2024). Toplam kurulu gücün yaklaşık %80'i hidroelektrik santrallerinden sağlanmakta, bu durum özellikle kurak dönemlerde enerji arzında ciddi dalgalanmalara yol açmaktadır (EDG, 2025). Gine'nin tropikal iklimi ve yüksek nem oranı, fotovoltaik panel performansını doğrudan etkilemekte; yerel bir saha çalışması, yağışlı sezonda artan bulutluluk nedeniyle panel verimliliğinin düştüğünü ve bifacial panellerin bu koşullarda avantaj sağladığını göstermiştir (Diallo vd., 2025).

Hükümet, Ulusal Kalkınma Planı (PND 2022- 2026) kapsamında 2030 yılına kadar elektrik erişimini %80'e çıkarmayı ve üretim kapasitesini 1.500 MW'ten 3.827 MW'a ulaştırmayı hedeflemektedir (Primature Guinée, 2025). Bu hedefe ulaşmada, yıllık ortalama güneş ışınımı 1.800-2.200 kWh/m² arasında değişen Gine'nin yüksek güneş enerjisi potansiyeli stratejik bir fırsat sunmaktadır (Global Solar Atlas, 2024; Yushchenko vd., 2018).

Uluslararası literatürde, güneş enerjisi santrali yer seçimi için CBS ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin entegrasyonu yaygın olarak kullanılmaktadır (Adebimpe & Usman, 2022; Al Garni & Awasthi, 2017; Arca & KeskiN Çitiroğlu, 2022; Uyan, 2013). Ancak Gine özelinde mekânsal uygunluk analizi, PV sistem simülasyonu ve finansal değerlendirmeyi bir arada içeren kapsamlı bir çalışma rastlanmamaktadır. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı ve karar vericilere kanıta dayalı bir planlama aracı sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 1 : CBS-AHP-PVSOL metodolojik akış diyagramı

2. YÖNTEM

1. Genel Metodolojik Çerçeve

Çalışmada iki aşamalı bütünleşik bir metodoloji benimsenmiştir. Şekil 1'de özetlenen bu çerçevede; Aşama 1'de ArcGIS Pro ve AHP yöntemiyle Gine'nin tamamı için mekânsal uygunluk analizi gerçekleştirilmiş, Aşama 2'de elde edilen 25 nihai aday alan için PVSOL Premium yazılımıyla sistem simülasyonu ve ekonomik fizibilite değerlendirmesi yapılmıştır.

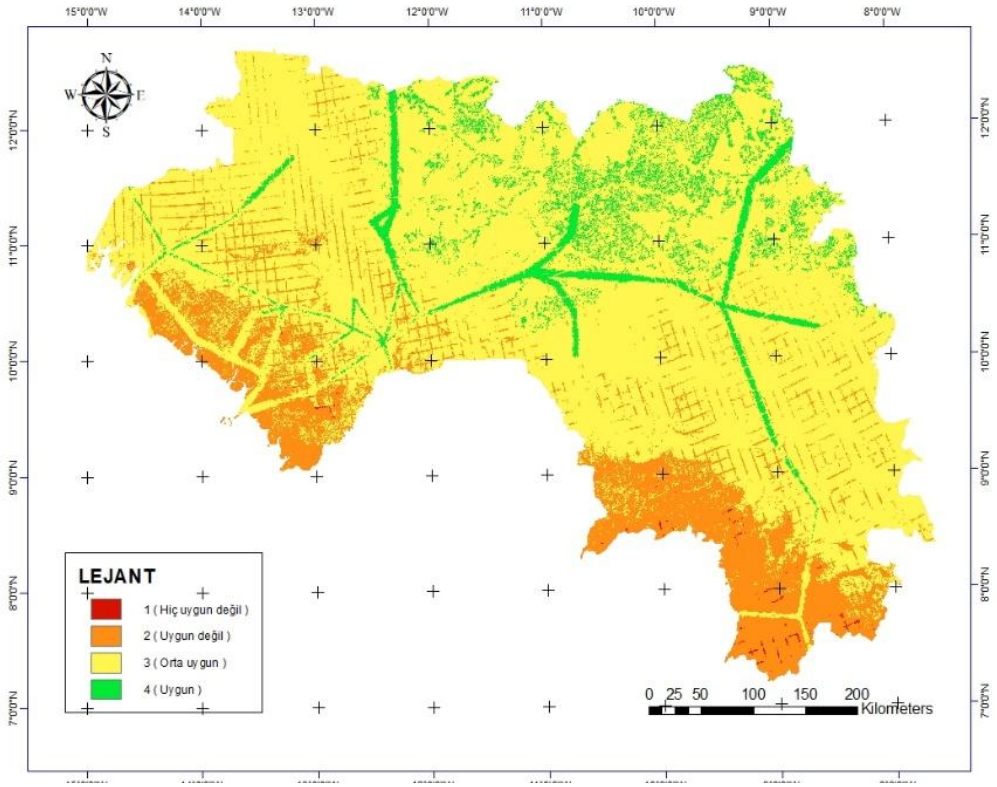
2.1.1. Mekânsal uygunluk analizi (CBS + AHP)

Uygunluk analizinde dokuz kriter kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları Saaty'nin (1980) AHP ikili karşılaştırma yöntemiyle belirlenmiş; tutarlılık oranı CR = 0,087 olarak hesaplanarak kabul edilebilir sınırın (CR <0,10) altında kaldığı doğrulanmıştır (Saaty, 1980). Kriterlerin ağırlıkları ve veri kaynakları Tablo 1'de sunulmaktadır. Tüm katmanlar WGS84 / UTM 28N koordinat sistemine projekte edilmiş ve ortak 30 metre piksel boyutuna yeniden örneklenmiştir.

Tablo 0.1 : AHP kriter ağırlıkları ve veri kaynaklar

Kriter	Ağırlık (%)	Veri kaynağı
Güneş ışınımı (GHI)	30	Global Solar Atlas, 2024
ENH yakınlığı	20	World Bank Group, 2017
Eğim	15	USGS Earth Explorer, 2020
Arazi kullanımı	12	ESA, 2020
Bakı	8	Earth Explorer, 2020
Yollara yakınlık	5	OpenStreetMap (OSM, 2024)
Yerleşim uzaklığı	4	OpenStreetMap (OSM, 2024)
Akarsulara uzaklık	3	OpenStreetMap (OSM, 2024)
Litoloji	3	GLiM, Hartmann & Moosdorf, (Hartmann & Moosdorf, 2012)

Çalışmada her kriter, 1 (hiç uygun değil) ile 5 (çok uygun) arasında bir ölçekte sınıflandırılmıştır. Ağırlıklı doğrusal kombinasyon (WLC) yöntemiyle üretilen nihai uygunluk haritası, Şekil 2 ‘de sunulmaktadır.



Şekil 2: GES Uygunluk Haritası

2.1.2. Aday alanların belirlenmesi (Eleme Süreci)

Uygunluk haritası üzerinde ardışık mekânsal filtreler uygulanarak aday alanlar daraltılmıştır:

1. Yalnızca "uygun" (sınıf 4) alanlar seçilmiştir.
2. 5 hektardan küçük parçalar elenmiştir.
3. ENH hatlarına belirli tampon mesafeler (225 kV → 2 km, 110 kV → 1,5 km, 30 kV → 1 km) uygulanmış; bu tamponlar dışında kalan alanlar çıkarılmıştır.

4. AHP skoru ≥9 olan alanlar tutulmuştur.
5. Yerleşim alanlarına 1 km'den yakın bölgeler elenmiştir.
6. Son aşamada 30 hektarın altındaki alanlar çıkarılmış ve geriye kalan 25 alan nihai aday olarak belirlenmiştir.

Sistem Tasarımı ve Ekonomik Değerlendirme (PVSOL)

Her aday alan için *PVSOL* Premium'da 2.100 kWp, sabit açılı ve şebekeye bağlı pilot GES sistemi simüle edilmiştir. Sistem, Trina Solar TSM-600-NEG19RC.20 güneş panelleri (N-tipi TOPCon, bifacial, 600 Wp, %22,2 verim, sıcaklık katsayısı -0,29%/°C) ve merkezi invertörlerden Huawei SUN2000-330KTL-H2 (330 kW, 7 adet) oluşmaktadır. Meteorolojik veriler Meteonorm 9 (2001 – 2020 referans periyodu) üzerinden alınmıştır.

Ekonomik değerlendirmede toplam yatırım maliyeti 2.100.000 € (1.000 €/kWp), yıllık OPEX 31.500 €, iskonto oranı %7 ve proje ömrü 25 yıl olarak modellenmiştir. Temel göstergeler olarak LCOE, IRR ve geri ödeme süresi hesaplanmış; 0,08- 0,12 €/kWh enerji satış fiyatı aralığında deterministik duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

1. BULGULAR

3.1. Mekânsal Bulgular

CBS ile AHP analizi, Gine topraklarının %7,43'ünün (yaklaşık 18.229 km²) "Uygun" ve %75,48'inin (yaklaşık 185.099 km²) "Orta Uygun" sınıfında olduğunu ortaya koymuştur. Bu iki sınıf birlikte değerlendirildiğinde ülke topraklarının %82,91'inin GES geliştirmeye elverişli bir potansiyel taşıdığı görülmektedir. Nihai uygunluk haritasına ait sınıf dağılımı Tablo 3.1'de sunulmaktadır.

Tablo 3.1: Nihai CBS- AHP uygunluk haritası sınıf dağılımı.

Uygunluk Sınıfı	Değer	Alan (km²)	Oran (%)
1- Hiç uygun değil	1	301,63	0,12
2- Uygun değil	2	41.594,01	16,96
3- Orta uygun	3	185.098,90	75,48
4- Uygun	4	18.229,64	7,43
TOPLAM	—	**245.224,18**	**100**

"Çok Uygun" kategorisine (5. Sınıf) ulaşan herhangi bir alan tespit edilememiştir. Bu bulgu, metodolojik bir zayıflık olmak yerine; ülkedeki yüksek güneş ışınımı potansiyeliyle yeterli ENH altyapısının aynı bölgede bir araya gelememesinden kaynaklanan gerçekçi bir mevcut durumu yansıtmaktadır. Benzer gözlemler Gana ve Nijerya'daki CBS- AHP çalışmalarında da raporlanmıştır (Adebimpe & Usman, 2022; Asare-Addo, 2022). Uygun kategorisindeki alanların ağırlıklı olarak Orta Gine kuşağında (yaklaşık 10° ile 12° K ve -9° ile -14° B) yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Teknik Bulgular

25 aday alanın tamamında yürütülen *PVSOL* simülasyonları, yıllık birim kazancın 1.667,54 kWh/kWp (Alan 25) ile 1.783,46 kWh/kWp (Alan 19) aralığında değiştiğini ortaya koymuş; 25 alan ortalaması 1.738,74 kWh/kWp olarak hesaplanmıştır. Sistem Performans Oranı (PR) tüm alanlarda %89,07- 90,36 bandında kalmış ve bu değerler, şebekeye bağlı yardımcı hizmet ölçeğindeki sistemler için literatürde bildirilen %85- 92 referans aralığıyla tam uyum içindedir (Balkan & Görel, 2024; Khalid vd., 2016; Özdemir & Çelik, 2025). En yüksek enerji üretim potansiyeline sahip alan, Orta Gine'nin doğu

kesimlerinde konumlanan Alan 19 (10,712°K; -12,247°B) olmuştur; bu alanda yıllık şebekeye aktarılan enerji 3.745.415 kWh değerine ulaşmıştır.

Ekonomik ve Çevresel Bulgular

Ekonomik analiz; en yüksek ve en düşük performansı sergileyen dört alan üzerinde yürütülmüştür. Tablo 3.2'de sunulan sonuçlar, tüm alanlarda güçlü bir finansal sürdürülebilirliğe işaret etmektedir. LCOE değerleri 0,0352- 0,0381 €/kWh aralığında hesaplanmış olup IRENA'nın (2023) Sahra altı Afrika için bildirdiği 0,04- 0,07 $/kWh ortalama aralığının alt sınırında yer almaktadır.

Tablo 3.2: Ana senaryo ekonomik analiz sonuçları (enerji satış fiyatı 0,10 €/kWh)

Alan	Üretim (kWh/yıl)	LCOE (€/kWh)	IRR (%)	Geri ödeme
Alan 19	3.745.415	0,0352	15,63	6 yıl 4 ay
Alan 2	3.713.951	0,0355	15,47	6 yıl 4 ay
Alan 25	3.501.965	0,0377	14,36	6 yıl 10 ay
Alan 20	3.504.067	0,0381	14,19	6 yıl 11 ay
Ort.	**3.652.357**	**0,0366**	**15,17**	**6 yıl 7 ay**

Duyarlılık analizi, en düşük test edilen satış fiyatında bile (0,08 €/kWh) tüm alanların IRR'ının %10'un üzerinde seyrettiğini göstermektedir (Tablo 3.3) projeler geniş bir fiyat aralığında finansal sürdürülebilirliğini korumaktadır.

Tablo 3.3: Duyarlılık analizi – Alan 19 için farklı satış fiyatlarında IRR ve geri ödeme

Satış fiyatı (€/kWh)	IRR (%)	Geri ödeme süresi
0,08	11,66	8 yıl 2 ay
0,1	15,63	6 yıl 4 ay
0,12	19,41	5 yıl 2 ay

Çevresel açıdan değerlendirildiğinde, 25 alanın tamamındaki pilot sistemlerin 25 yıllık proje ömrü boyunca toplamda yaklaşık 867.685 ton CO_2 salınımını önleyebileceği hesaplanmıştır. Bu miktar, yaklaşık 180.000 aracın yıllık CO_2 emisyonuna eşdeğerdir. ABD Çevre Koruma Ajansı verilerine göre ortalama bir binek araç yılda ~4,6 metrik ton CO_2 salmaktadır (US EPA, 2016).

2. TARTIŞMA

4.1. Metodolojik Katkı ve Bulguların Yorumu

Bu araştırma, Gine için CBS ve AHP tabanlı mekânsal uygunluk analizini PV performans simülasyonları ve ekonomik/finansal fizibilite değerlendirmeleriyle entegre eden ilk bütüncül çalışmalardan biri olma niteliği taşımaktadır. Fas'ta yapılan benzer bir hibrit CSP+PV çalışması (Jbaihi vd., 2022) ile Türkiye'deki Karabük örneği (Arca & KeskiN Çitiroğlu, 2022) de aynı metodolojik çizgiyi paylaşmakla birlikte, hiçbiri simülasyon ve detaylı ekonomik analizi bu ölçekte birleştirmemiştir.

Uygun alan oranımız (%7,43), Gana (%12,8) (Asare-Addo, 2022) ve Nijerya (%8,5) (Adebimpe & Usman, 2022) gibi komşu ülkelere kıyasla daha düşük olsa da, bu farklılık Gine'nin daha sınırlı ENH altyapısı ve daha yüksek orman örtüsü oranıyla açıklanabilir. "Çok uygun" alan bulunamaması,

yöntemin gerçekçi olduğunu ve ülkenin mevcut kısıtlarını (özellikle altyapı eksikliğini) doğru yansıttığını göstermektedir.

LCOE değerlerimiz (0,0352- 0,0381 €/kWh), IRENA'nın 2023 yılı için Sahra altı Afrika'da bildirdiği ortalama 0,04- 0,07 $/kWh aralığının altında kalmaktadır (IRENA, 2023). Bu, güneş PV'nin Gine'de dizel jeneratör alternatiflerine göre oldukça rekabetçi olduğunu göstermektedir. PR değerlerinin %89-90,4 bandında olması, literatürdeki referans aralıkla (%85- 92) uyumludur (Balkan & Görel, 2024; Khalid vd., 2016; Özdemir & Çelik, 2025).

Politika Boyutu

Tablo 3.1'deki uygunluk dağılımı ve Tablo 3.2'deki finansal göstergeler birlikte okunduğunda iki kritik politika çıkarımı öne çıkmaktadır. İlk olarak, "Çok Uygun" alanın tespit edilememesi ENH altyapısına yönelik öncelikli yatırımın zorunluluğunu işaret etmektedir. İkinci olarak, 0,10- 0,13 €/kWh bandında uzun vadeli Enerji Alım Anlaşması (PPA) mekanizmalarının hayata geçirilmesi, Tablo 3.2'te görüldüğü üzere IRR değerlerini %14- 21 aralığına taşıyarak özel yatırım için güçlü bir teşvik ortamı oluşturacaktır. Ayrıca Alan 19'da pilot bir santral kurulması, simülasyonların saha verileriyle doğrulanması ve gelecek ölçeklendirme çalışmaları için referans teşkil edecektir.

Sınırlılıklar ve Gelecek Araştırmalar

Çalışmanın başlıca sınırlılığı, ENH verisinin 2017 yılına ait olması (World Bank Group, 2017) ve saha doğrulamasının yapılamamış olmasıdır. Gelecek araştırmalar için önerilen öncelikli alanlar: (a) 10 ile 100 MW aralığındaki ölçeklendirme senaryoları, (b) batarya depolama entegrasyonu, (c) iklim değişikliği projeksiyonları altında uzun dönemli GHI değişkenliğinin enerji üretimi ve LCOE üzerindeki etkisi ve (d) sosyo-ekonomik kriterlerin CBS çerçevesine dahil edilmesidir.

3. SONUÇ

Bu çalışma, Gine Cumhuriyeti'nin enerji yoksulluğuyla mücadelesinde güneş enerjisinin stratejik rolünü bilimsel, tekrarlanabilir ve eyleme dönüştürülebilir bir metodoloji ile ortaya koymuştur. CBS-AHP analizi, ülke topraklarının %82,9'unun (orta uygun + uygun) GES geliştirme potansiyeli taşıdığını, ancak mevcut altyapı kısıtları nedeniyle "çok uygun" alanlara ulaşılamadığını göstermiştir.

Gine'nin %51 erişim oranından 2030 hedefi olan %80'e ulaşma yolculuğunda güneş enerjisi, hem enerji güvenliği hem de iklim uyumu açısından stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır. 25 aday alanın 25 yıllık işletme süresinde sağlayacağı tahmini 867.685 ton CO_2 tasarrufu (180.000 aracın yıllık emisyonuna eşdeğer) bu stratejik rolün çevresel boyutunu da somut olarak ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, soyut bir akademik sonuçtan öte, Gine'nin enerji dönüşümü için eyleme hazır bir yol haritası niteliği taşımaktadır. CBS-AHP-PVSOL bütünleşik çerçevesinin tekrarlanabilir ve ölçeklenebilir yapısı sayesinde bu metodoloji; benzer coğrafi ve kurumsal koşullara sahip diğer Sahra altı Afrika ülkelerine de uyarlanabilir.

KAYNAKÇA

Adebimpe, O. A., & Usman, S. O. (2022). A GIS-AHP Approach for Evaluating Site Suitability for Solar Power Plant: A Case Study of Ewekoro LGA., Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*, *41*(4), 680-692.

Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied Energy*, *206*, 1225-1240. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024

Arca, D., & KeskiN Çitiroğlu, H. (2022). Güneş enerjisi santral (GES) yapım yerlerinin CBS dayalı çok kriterli karar analizi ile belirlenmesi: Karabük örneği. *Geomatik*, *7*(1), 17-25. https://doi.org/10.29128/geomatik.803200

Asare-Addo, M. (2022). Optimal techno-economic potential and site evaluation for solar PV and CSP systems in Ghana. A geospatial AHP multi-criteria approach. *Renewable Energy Focus*, *41*, 216-229. https://doi.org/10.1016/j.ref.2022.03.007

Balkan, A., & Görel, G. (2024). Güneş enerji santrallerinde PV*SOL yazılımının güvenilirliğinin değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1036950

Diallo, A. M., Djossou, J., Oumar, K., & Mathos, K. P. (2025). *Climatic Influences on Photovoltaic Panel Performance: A Case Study of Yomou Prefecture, Republic of Guinea | International Journal of Environment and Climate Change*. https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/4777

EDG. (2025). *Electricité De Guinée* [Resmi]. https://edg.com.gn/service/comprendre-ma-facture/

ESA. (2020). *ESA Dünya Kapağı 2020*. https://worldcover2020.esa.int/?utm_source=chatgpt.com

Global Solar Atlas. (2024). *Küresel Güneş Atlası*. https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study

Hartmann, J., & Moosdorf, N. (2012). Global Lithological Map Database v1.0 (gridded to 0.5° spatial resolution) [Veri kümesi]. Içinde *Supplement to: Hartmann, J; Moosdorf, N (2012): The new global lithological map database GLiM: A representation of rock properties at the Earth surface. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 13, Q12004, https://doi.org/10.1029/2012GC004370*. PANGAEA. https://doi.org/10.1594/PANGAEA.788537

IEA. (2022). *Africa Energy Outlook 2022*.

IRENA. (2023). *Renewable power generation costs in 2023*.

Jbaihi, O., Ouchani, F., Alami Merrouni, A., Cherkaoui, M., Ghennioui, A., & Maaroufi, M. (2022). An AHP-GIS based site suitability analysis for integrating large-scale hybrid CSP+PV plants in Morocco: An approach to address the intermittency of solar energy. *Journal of Cleaner Production*, *369*, 133250. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133250

Khalid, A. M., Mitra, I., Warmuth, W., & Schacht, V. (2016). Performance ratio – Crucial parameter for grid connected PV plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *65*, 1139-1158. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.066

OSM. (2024). *Download OpenStreetMap for Guinea*. Geofabrik Download Server. https://download.geofabrik.de/africa/guinea.html

Özdemir, O., & Çelik, E. (2025). Elazığ İli Örneğine Ait On-Grid Çatı Üstü Güneş Enerji Santralinin Yıllık Gerçek Üretim Verilerinin PV*SOL Simülasyon Değerleri ile Karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *37*(1), 183-198. https://doi.org/10.35234/fumbd.1528554

Primature Guinée. (2025). *LA GUINEE ATTIRE LES GEANTS DE L'ENERGIE SOLAIRE – PRIMATURE*. https://primature.gov.gn/la-guinee-attire-les-geants-de-lenergie-solaire/

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*.

US EPA, O. (2016, Ocak 12). *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle* [Overviews and Factsheets]. https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle

USGS Earth Explorer. (2020). https://earthexplorer.usgs.gov/

Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *28*, 11-17. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.042

World Bank. (2024). *World Bank Open Data*. World Bank Open Data. https://data.worldbank.org

World Bank Group. (2017). *Guinea Electricity Transmission Network—World Bank Data Cata...* https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0041695/guinea-electricity-transmission-network

Yushchenko, A., De Bono, A., Chatenoux, B., Kumar Patel, M., & Ray, N. (2018). GIS-based assessment of photovoltaic (PV) and concentrated solar power (CSP) generation potential in West Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *81*, 2088-2103. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.021

NARSİSİSTİK KİŞİLİK ÖZELLİKLERİ, EMPATİ, MENTALİZASYON VE ÇOCUKLUK ÇAĞI TRAVMA DENEYİMLERİ İLİŞKİSİ

Belgin Ekinsu GÜLER

Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Klinik Psikoloji, İstanbul, Türkiye.

ORCID NO: https://orcid.org/0009-0004-7152-3076

Dr. Öğr. Üyesi Hakan Duman

Gedik Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Psikoloji, İstanbul, Türkiye.

ORCID NO: https://orcid.org/0000-0002-0270-5456

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, narsistik kişilik özellikleri ile mentalizasyon kapasitesi arasındaki ilişkinin incelenmesi ve bu ilişkide empati düzeyi ile çocukluk çağı travmatik deneyimlerinin aracı rolünün değerlendirilmesidir. Araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın örneklemini 18 yaş ve üzeri toplam 417 gönüllü katılımcı oluşturmaktadır. Araştırmada Mentalizasyon Ölçeği, Toronto Empati Ölçeği, Çocukluk Çağı Ruhsal Travma Ölçeği ve Narsistik Kişilik Envanteri veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS-28 programından yararlanılmış; Pearson Korelasyon Analizi ve Hayes PROCESS Macro Model 4 aracılık analizi uygulanmıştır. Bulgular, mentalizasyon ile empati arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermiştir. Empati ile çocukluk çağı travmaları ve narsistik kişilik özellikleri arasında ise negatif yönlü anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Çocukluk çağı travmaları ile narsistik kişilik özellikleri arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Aracılık analizleri sonucunda empati düzeyinin mentalizasyon ile sömürü kişilik özelliği arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü üstlendiği görülmüştür. Buna karşın çocukluk çağı travmalarının aracılık etkisinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Araştırma bulguları, narsisistik kişilik özelliklerinin sosyal biliş süreçleriyle ilişkisini açıklamada empati ve mentalizasyon kavramlarının önemli değişkenler olduğunu göstermektedir. Ayrıca elde edilen bulgular, çocukluk dönemi yaşantılarının kişilik yapılanması ve kişilerarası işlevsellik üzerindeki etkilerini destekler niteliktedir. Çalışmanın, narsisizm, empati ve mentalizasyon ilişkisini birlikte ele alan bütüncül yaklaşımıyla literatüre katkı sağlaması hedeflenmektedir. Bulguların klinik uygulamalar açısından da önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Narsisizm, empati, mentalizasyon, çocukluk çağı travmaları, kişilik özellikleri

THE RELATIONSHIP BETWEEN NARCISSISTIC PERSONALITY TRAITS, EMPATHY, MENTALIZATION AND CHILDHOOD TRAUMATIC EXPERIENCES

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the relationship between narcissistic personality traits and mentalization capacity and to evaluate the mediating role of empathy and childhood traumatic experiences in this relationship. The study was conducted using a relational screening model within the framework of quantitative research methods. The sample consisted of 417 voluntary participants aged 18 and over. The Mentalization Scale, Toronto Empathy Questionnaire, Childhood Trauma Questionnaire, and Narcissistic Personality Inventory were used as data collection tools. Data were analyzed using SPSS-28, Pearson correlation analysis, and Hayes PROCESS Macro Model 4 mediation analysis. Findings indicated a significant positive relationship between mentalization and empathy. Empathy showed significant negative relationships with childhood trauma and narcissistic personality traits. A significant positive relationship was found between childhood trauma and narcissistic personality traits. Mediation analyses revealed that empathy had a partial mediating role in

the relationship between mentalization and exploitative personality traits, whereas childhood traumatic experiences did not demonstrate a significant mediating effect. The findings emphasize the importance of empathy and mentalization in explaining the relationship between narcissistic personality traits and social cognition processes. The results also support the impact of childhood experiences on personality structure and interpersonal functioning. The study is expected to contribute to the literature through its holistic approach addressing narcissism, empathy, and mentalization together.

Keywords: Narcissism, empathy, mentalization, childhood trauma, personality traits

GİRİŞ

Narsisizm bireyin, kendilik algısı, kişilerarası ilişkileri ve duygu düzenleme süreçleriyle yakından ilişkili olan çok boyutlu bir kişilik yapılanmasıdır. Psikoloji literatüründe narsisizm, bireyin kendisini aşırı derecede önemli ve özel görmesi, başkaları tarafından hayranlık duyulma ihtiyacının yüksek olması ve kişilerarası ilişkilerde üstünlük kurma eğilimleri göstermesiyle karakterize edilmektedir (Pincus ve ark., 2009). Güncel yaklaşımlar narsisizmi yalnızca patolojik bir yapı olarak değil, normal kişilik özelliklerinden klinik düzeyde işlev bozukluğuna kadar uzanan bir süreklilik içerisinde değerlendirmektedir (Miller ve ark., 2017). Bu bağlamda narsisistik özellikler, bireyin psikolojik işleyişini ve kişilerarası ilişkilerini etkileyen önemli bir kişilik boyutu olarak ele alınmaktadır.

Narsisizmin kuramsal temelleri psikanalitik yaklaşımlara dayanmaktadır. Freud (1914/1957) narsisizmi bireyin libidinal enerjisini kendisine yöneltmesi olarak tanımlamış ve sağlıklı gelişim sürecinde bu yatırımın dış nesnelere yönelmesi gerektiğini ileri sürmüştür. Freud'un ardından Kohut (1977), narsisizmi kendilik psikolojisi çerçevesinde ele almış ve bakım verenlerin empatik yetersizliklerinin sağlıklı kendilik gelişimini sekteye uğrattığını savunmuştur. Buna karşılık Kernberg (1975), narsisistik yapılanmayı nesne ilişkileri kuramı çerçevesinde açıklamış ve narsisistik bireylerin kırılgan benliklerini koruyabilmek amacıyla büyüklenmeci savunmalar geliştirdiklerini öne sürmüştür. Her iki yaklaşım birlikte değerlendirildiğinde narsisizmin hem gelişimsel eksikliklerin hem de savunmacı kişilik örgütlenmelerinin sonucu olarak ortaya çıkan karmaşık bir yapı olduğu görülmektedir.

Güncel literatürde narsisizm, büyüklenmeci (grandiyöz) ve kırılgan (vulnerable) narsisizm olmak üzere iki temel boyutta incelenmektedir. Büyüklenmeci narsisizm; yüksek özsaygı, üstünlük duygusu, baskınlık ve hak görme eğilimleriyle karakterize edilirken, kırılgan narsisizm; utanç, reddedilmeye duyarlılık, düşük benlik değeri ve kişilerarası hassasiyet ile ilişkilendirilmektedir (Pincus ve ark., 2009). Araştırmalar, kırılgan narsisizmin depresyon, anksiyete ve kişilerarası işlev bozukluklarıyla daha güçlü ilişkiler gösterdiğini ortaya koymaktadır (Miller ve ark., 2017). Bununla birlikte her iki narsisizm türünün de özünde kırılgan bir benlik yapısını korumaya yönelik işlev gördüğü düşünülmektedir (Pincus ve ark., 2009).

Narsisizm ile ilişkili olduğu düşünülen önemli yapılardan biri empatidir. Empati, bireyin başkalarının duygusal ve bilişsel durumlarını anlayabilme, onların bakış açılarını değerlendirebilme ve uygun duygusal tepkiler geliştirebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Hall ve Schwartz, 2021). Güncel yaklaşımlar empatiyi bilişsel ve duygusal bileşenler üzerinden açıklamakta ve empatiyi çok boyutlu bir yapı olarak değerlendirmektedir (Davis, 1983). Empati bireylerarası ilişkilerin sürdürülmesinde, sosyal uyumun sağlanmasında ve kişilerarası işlevselliğin güçlenmesinde önemli rol oynayan çok boyutlu bir psikolojik yapıdır (Davis, 1983).

Son yıllarda narsisizm ve empati arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar önemli ölçüde artmıştır. Araştırmalar narsisistik özelliklerin özellikle duygusal empati ile negatif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir (Miller ve ark., 2011; Watson ve ark., 1984). Narsisistik bireyler başkalarının zihinsel durumlarını anlamakta zorlanmasalar bile bu durumlara duygusal olarak karşılık vermekte yetersiz kalabilmektedirler (Ritter ve ark., 2011). Bununla birlikte bazı araştırmacılar, narsisistik bireylerin empatik becerilerini kişilerarası ilişkilerde avantaj sağlamak veya manipülasyon amacıyla araçsal biçimde kullanabileceklerini ileri sürmektedir (di Giacomo ve ark., 2023).

Narsisizm ile ilişkili olduğu düşünülen bir diğer önemli yapı mentalizasyondur. Mentalizasyon bireyin hem kendi hem de başkalarının davranışlarını, bu davranışların altında yatan düşünce, duygu, niyet ve

inançlar üzerinden anlamlandırabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Lüdemann ve ark., 2021). Fonagy ve arkadaşları tarafından geliştirilen mentalizasyon kuramına göre bu kapasite, erken dönem bakım veren- çocuk etkileşimleri içerisinde gelişmektedir (Fonagy ve Luyten, 2021). Güvenli bağlanma deneyimlerinin mentalizasyon becerilerini desteklediği, buna karşılık travmatik yaşantıların ve güvensiz bağlanma örüntülerinin bu kapasiteyi zayıflatabildiği belirtilmektedir (Luyten ve ark., 2024).

Mentalizasyon kapasitesindeki yetersizliklerin narsisistik kişilik özellikleri ve kişilerarası işlev bozuklukları ile ilişkili olabileceği belirtilmektedir (Ensink ve ark., 2018). Öte yandan bazı çalışmalar büyüklenmeci narsisizm düzeyi yüksek bireylerde bilişsel zihinselleştirme becerilerinin kısmen korunabildiğini, ancak bu becerilerin çoğu zaman kişilerarası avantaj elde etmek amacıyla kullanılabildiğini göstermektedir (di Guacomo ve ark., 2023).

Çocukluk çağı travmaları da narsisizm, empati ve mentalizasyon arasındaki ilişkilerin açıklanmasında önemli bir değişken olarak değerlendirilmektedir. Çocukluk döneminde yaşanan fiziksel, duygusal ve cinsel istismar ile fiziksel ve duygusal ihmal deneyimlerinin bireyin psikolojik gelişimi üzerinde uzun süreli etkiler bıraktığı bilinmektedir (McLaughlin ve ark., 2021). Travmatik yaşantıların, duygu düzenleme becerilerini, sosyal biliş süreçlerini ve kişilerarası ilişkileri olumsuz etkilediği; buna bağlı olarak çeşitli psikopatolojik belirtilerin ortaya çıkmasına zemin hazırladığı belirtilmektedir (Cecil ve ark., 2022).

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma, narsisistik kişilik özellikleri, mentalizasyon, empati ve çocukluk çağı travmatik yaşantıları arasındaki ilişkilerin incelenmesini amaçlayan nicel bir çalışmadır. Araştırmada ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. İlişkisel tarama modeli, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve düzeyini belirlemeye yönelik araştırmalarda kullanılan bir yöntemdir (Büyüköztürk, 2010). Bu kapsamda çalışmada narsisistik kişilik özellikleri ile mentalizasyon arasındaki ilişki incelenmiş, empati ve çocukluk çağı travmalarının söz konusu ilişkideki rolü değerlendirilmiştir.

Katılımcılar

Araştırmanın örneklemini 18 yaş ve üzerindeki toplam 417 yetişkin birey oluşturmaktadır. Katılımcılar çevrimiçi veri toplama yöntemi kullanılarak gönüllülük esasına göre araştırmaya dâhil edilmiştir. Araştırmaya katılan bireylerin 325'i (%77,9) kadın, 92'si (%22,1) erkektir. Katılımcıların yaş dağılımları incelendiğinde %9,1'inin 18-20 yaş, %34,1'inin 21-30 yaş, %27,8'inin 31-40 yaş, %15,1'inin 41-50 yaş ve %13,9'unun 51-65 yaş aralığında olduğu görülmektedir. Eğitim düzeyi açısından katılımcıların %70,5'i üniversite mezunu, %23,5'i lise mezunu, %3,4'ü ortaokul mezunu ve %2,6'sı ilkokul mezunudur. Katılımcıların %55,9'u yaşamlarının büyük bölümünü büyükşehirde, %31,4'ü şehirde, %7,9'u köyde ve %4,8'i kasaba veya beldede geçirdiğini belirtmiştir. Ayrıca katılımcıların %29,7'si daha önce profesyonel psikolojik destek aldığını, %70,3'ü ise herhangi bir psikolojik destek almadığını ifade etmiştir.

Çizelge 1: Katılımcı Bireylerin Demografik Bilgileri (n=417)

Değişken	Grup	f	%
Yaş Grubu	18-20 yaş	38	9.1
	21-30 yaş	142	34.1
	31-40 yaş	116	27.8
	41-50 yaş	63	15.1
	51-65 yaş	58	13.9
Cinsiyet	Kadın	325	77.9
	Erkek	92	22.1
Eğitim Durumu	İlkokul	11	2.6
	Ortaokul	14	3.4
	Lise	98	23.5
	Üniversite	294	70.5
Yaşamın Büyük Bölümünün Geçirildiği Yer	Köy	33	7.9
	Kasaba/Belde	20	4.8
	Şehir	131	31.4
	Büyükşehir	233	55.9
Daha Önce Profesyonel Anlamda Psikolojik Destek Alma Durumu	Evet	124	29.7
	Hayır	293	70.3
Toplam		417	100.0

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak Mentalizasyon Ölçeği (MZÖ), Toronto Empati Ölçeği (TEÖ), Çocukluk Çağı Ruhsal Travma Ölçeği (ÇÇRTÖ), Narsistik Kişilik Envanteri (NKE-16) ve Sosyo-demografik Bilgi Formu kullanılmıştır.

Sosyo-demografik Bilgi Formu

Araştırmacı tarafından hazırlanan sosyodemografik bilgi formu; katılımcıların yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, yaşamlarının büyük bölümünü geçirdikleri yer ve daha önce profesyonel psikolojik destek alma durumlarına ilişkin bilgileri toplamak amacıyla kullanılmıştır.

Mentalizasyon Ölçeği (MZÖ)

Hausberg ve arkadaşları (2012) tarafından geliştirilen ölçek bireylerin zihinselleştirme kapasitesini değerlendirmektedir. Ölçek; kendini yansıtmayı reddetme, duygusal farkındalık, psişik eşitlik modu ve duygu düzenleme olmak üzere dört alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçeğin tamamı ters puanlanan maddelerden oluşmakta olup yüksek puanlar yüksek mentalizasyon düzeyine işaret etmektedir. Ölçeğin toplam Cronbach Alfa katsayısı .81 olarak bildirilmiştir.

Toronto Empati Ölçeği (TEÖ)

Spreng ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen ve Türkçe uyarlaması Totan ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan ölçek, 13 maddeden oluşmaktadır. Beşli Likert tipindeki ölçekten alınabilecek puanlar 13 ile 65 arasında değişmekte olup yüksek puanlar yüksek empati düzeyini göstermektedir. Ölçekte sekiz ters madde bulunmaktadır.

Çocukluk Çağı Ruhsal Travmalar Ölçeği (ÇÇRTÖ)

Bernstein ve arkadaşları tarafından geliştirilen ölçek, çocukluk döneminde yaşanan duygusal, fiziksel ve cinsel istismar ile duygusal ve fiziksel ihmal olmak üzere beş alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçek toplam 28 maddeden oluşmakta olup çocukluk döneminde yaşanan travmatik deneyimlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Narsistik Kişilik Envanteri (NKE-16)

Ames ve arkadaşları (2006) tarafından geliştirilen kısa form, bireylerin narsistik kişilik özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Ölçek 16 maddeden oluşmakta olup elde edilen yüksek puanlar narsistik özelliklerin daha belirgin olduğunu göstermektedir.

Veri Toplama Süreci

Araştırma verileri çevrimiçi veri toplama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Katılımcılara araştırmanın amacı açıklanmış ve gönüllü katılım esas alınmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcılardan bilgilendirilmiş onam alınmış, elde edilen bilgilerin yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağı belirtilmiştir. Araştırma sürecinde etik ilkelere bağlı kalınmış ve katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuştur.

Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında elde edilen veriler SPSS 28 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak katılımcıların sosyodemografik özelliklerine ilişkin frekans ve yüzde analizleri yapılmıştır. Daha sonra araştırmada kullanılan ölçeklere ilişkin minimum ve maksimum değerler, aritmetik ortalamalar ve standart sapmalar hesaplanarak tanımlayıcı istatistikler elde edilmiştir.

Araştırma verilerinin normallik varsayımını karşılayıp karşılamadığı çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri incelenerek değerlendirilmiştir. George ve Mallery'e (2010) göre çarpıklık ve basıklık değerlerinin -2 ile +2 arasında yer alması verilerin normal dağılım gösterdiğine işaret etmektedir. Araştırmada elde edilen tüm değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle analizlerde parametrik testler kullanılmıştır.

Araştırma değişkenleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Mentalizasyon ve narsisistik kişilik özellikleri arasındaki ilişkide empati ile çocukluk çağı travmalarının aracılık rolünü incelemek amacıyla ise Hayes (2018) tarafından geliştirilen PROCESS Macro eklentisi kullanılmış ve Model 4 temel alınarak regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Aracılık analizlerinde Bootstrap yöntemi kullanılmış ve güven aralıkları %95 düzeyinde değerlendirilmiştir. Analizlerde anlamlılık düzeyi $p < .05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Katılımcıların mentalizasyon, empati, çocukluk çağı travmaları ve narsisizm düzeylerine ait çarpıklık ve basıklık değerleri -2 ile +2 arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, araştırma verilerinin normal dağıldığı kabul edilmiştir.

Çizelge 2: Mentalizasyon, Empati, Çocukluk Çağı Travmaları ve Narsisizm Düzeylerine Ait Çarpıklık ve Basıklık Değerleri

Ölçek	Boyut	Çarpıklık		Basıklık	
		İst.	S.H.	İst.	S.H.
Mentalizasyon	Toplam	-.28	.12	.16	.24
	Kendini Yansıtmayı Reddetme	-.31	.12	-.08	.24
	Duygusal Farkındalık	-.40	.12	-.04	.24
	Psişik Eşitlik Modu	-.14	.12	-.27	.24
	Duygu Düzenleme	-.15	.12	-.34	.24
Empati	Toplam	-.49	.12	-.20	.24
Çocukluk Çağı Travmaları	Toplam	1.00	.12	.86	.24
	Duygusal İstismar	1.16	.12	1.13	.24
	Fiziksel İstismar	1.07	.12	1.51	.24
	Cinsel İstismar	1.30	.12	1.37	.24
	Duygusal İhmal	.49	.12	-.16	.24
	Fiziksel İhmal	.84	.12	.25	.24
Narsisizm	Toplam	.20	.12	-.32	.24
	Otorite	.20	.12	-1.27	.24
	Teşhircilik	.71	.12	-.46	.24
	Sömürücülük	.20	.12	-.63	.24
	Hak İddia Etme	.80	.12	-.51	.24
	Kendine Yeterlilik	.06	.12	-.69	.24
	Üstünlük	.42	.12	-.61	.24

Araştırma Hipotezlerine Yönelik Bulgular

Araştırma hipotezleri kapsamında, katılımcıların mentalizasyon, empati, çocukluk çağı travmaları ve narsisizm düzeylerine arasındaki ilişki Pearson Korelasyon Analizi ile incelenmiştir. Mentalizasyon ve narsisizm arasındaki ilişkide empati ile çocukluk çağı travmalarının aracılık rolü incelenirken de doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Yapılan regresyon analizi, Hayes Model 4 referans alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3: Mentalizasyon, Empati, Çocukluk Çağı Travmaları ve Narsisizm Arasındaki İlişki

	MT	KY	DF	PE	DD	ET	ÇT	Dİ	Fİ	Cİ	DH	FH	NT	OT	TE	SÖ	Hİ	KE	ÜS
MT	1																		
KY	.867**	1																	
DF	.852**	.660**	1																
PE	.875**	.680**	.620**	1															
DD	.825**	.604**	.604**	.684**	1														
ET	.143**	.092	.209**	.078	.108*	1													
ÇT	-.092	-.081	-.095	-.045	-.097*	-.290**	1												
Dİ	-.078	-.061	-.059	-.051	-.107*	-.160**	.828**	1											
Fİ	-.033	-.026	-.037	-.021	-.029	-.249**	.721**	.548**	1										
Cİ	-.013	.011	-.051	.020	-.025	-.199**	.681**	.558**	.549**	1									
DH	-.140**	-.139**	-.125*	-.090	-.128**	-.213**	.748**	.502**	.279**	.208**	1								
FH	-.046	-.057	-.057	.001	-.046	-.280**	.765**	.506**	.453**	.310**	.629**	1							
NT	-.005	-.001	-.030	.037	-.030	-.118*	.168**	.129**	.160**	.076	.116*	.159**	1						
OT	-.013	.042	-.040	.015	-.074	-.102*	.062	.063	.040	-.001	.049	.086	.497**	1					
TE	-.018	-.029	-.031	.034	-.041	-.055	.138**	.130**	.136**	.044	.109*	.100*	.624**	.176**	1				
SÖ	.162**	.137**	.132**	.159**	.122*	.011	.011	.012	.022	-.049	.015	.047	.555**	.160**	.237**	1			
Hİ	-.223**	-.153**	-.218**	-.181**	-.217**	-.208**	.181**	.117*	.124*	.156**	.149**	.123*	.385**	.032	.155**	-.005	1		
KE	-.007	-.048	-.016	.026	.022	-.063	.111*	.048	.145**	.095	.036	.123*	.545**	.118*	.157**	.129**	.137**	1	
ÜS	.037	.024	.033	.029	.044	-.004	.057	.057	.057	.020	.038	.046	.618**	.170**	.235**	.237**	.089	.194**	

MT: Mentalizasyon (Toplam); KY: Kendini Yansıtmayı Reddetme; DF: Duygusal Farkındalık; PE: Psişik Eşitlik Modu; DD: Duygu Düzenleme; ET: Empati (Toplam); ÇT: Çocukluk Çağı Travmaları

(Toplam); Dİ: Duygusal İstismar; Fİ: Fiziksel İstismar; Cİ: Cinsel İstismar; DH: Duygusal İhmal; FH: Fiziksel İhmal; NT: Narsizm (Toplam); OT: Otorite; TE: Teşhircilik; SÖ: Sömürü; Hİ: Hak İddia Etme; ÜS: Üstünlük

Çizelge 3'ten hareketle, mentalizasyon düzeyine ait toplam puanın empati düzeyi (r_{417}=.143**; p<.05) ile pozitif yönde ve anlamlı düzeyde ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Ancak mentalizasyon toplam puanının çocukluk çağı travmaları (r_{417}=-.092; p>.05) ve narsisizm (r_{417}=-.005; p>.05) toplam puanları ile arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 3'ten hareketle, empati düzeyinin ait mentalizasyon düzeyine ait toplam (r_{417}=.143**; p<.05) ile pozitif yönde ve anlamlı düzeyde ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, empati düzeyinin çocukluk çağı travmaları (r_{417}=-.290**; p<.05) ve narsisizm (r_{417}=-.118*; p<.05) toplam puanları ile arasında negatif yönde ve anlamlı düzeyde ilişkisi bulunmuştur.

Çizelge 3'ten hareketle, çocukluk çağı travmalarına ait toplam puanın mentalizasyon toplam puanı (r_{417}=-.092; p>.05) ile arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. Ancak çocukluk çağı travmalarına ait toplam puanın empati düzeyi ile negatif yönde (r_{417}=-.290**; p<.05) ve narsisizm toplam puanı (r_{417}=.168**; p<.05) ile arasında pozitif yönde ve anlamlı düzeyde ilişki bulunmuştur.

Çizelge 3'ten hareketle, narsisizm düzeyine ait toplam puanın mentalizasyon toplam puanı (r_{417}=-.005; p>.05) ile arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. Ancak narsisizm düzeyine ait toplam puanın empati düzeyi ile negatif yönde (r_{417}=-.118*; p<.05) ve çocukluk çağı travmaları toplam puanı (r_{417}=.168**; p<.05) ile arasında pozitif yönde ve anlamlı düzeyde ilişki bulunmuştur.

Aracılık Analizlerine İlişkin Bulgular

Aracılık analizinin yapılmasında regresyon analizi kullanılmıştır. Ancak regresyon analizinin karşılanması gereken şartlarından biri olan çoklu bağlantı sorununu önlemek için bağımsız değişken (mentalizasyon düzeyi) ile aracı değişken (empati ve çocukluk çağı travmaları) arasındaki ilişkinin güçlü bir ilişki olmaması beklenmiştir. Korelasyon değerinin .70 ve üzerinde yer almasının güçlü ilişkiye işaret olduğu göz önüne alındığında (Büyüköztürk, 2010), bağımsız değişken (mentalizasyon düzeyi) ile aracı değişken (empati ve çocukluk çağı travmaları) arasındaki ilişkinin güçlü olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

Regresyon analizinin karşılanması gereken şartlarından bir diğeri de tolerans ve VIF değerlerinin uygun aralıklarda yer alması gerekmektedir. Regresyon analizinin doğru yapılabilmesi için tolerans değerinin .10'dan büyük ve VIF değerinin ise 10'dan küçük olması gerekmektedir (Albayrak, 2005). Bu araştırmada da yapılan analizlerde bu değer aralıkları gözetilmiştir.

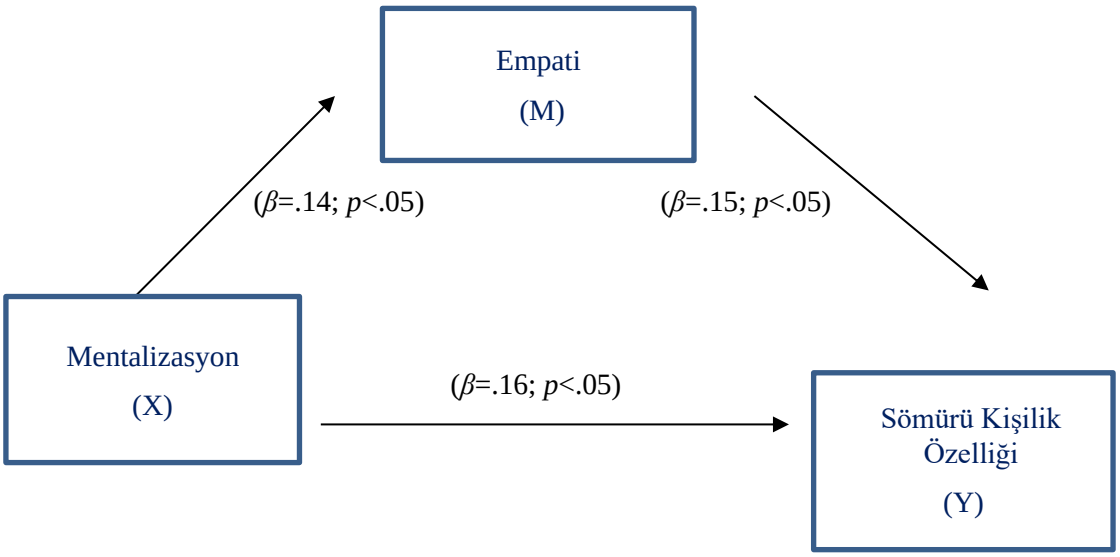
Aracılık analizi yapılırken bağımsız değişken (mentalizasyon) ile bağımlı değişken (narsisizm kişilik özellikleri) arasında anlamlı korelasyonel ilişkiler bulunan puan türleri ile işlem yapılmış olup anlamlı ilişki bulunamayan puan türlerinde regresyon etkisi anlamlı çıkmayacağı için bu ilişkiler aracılık analizine dahil edilmemiştir. Dolayısıyla, mentalizasyon düzeyi ile anlamlı ilişkisi bulunmayan narsisizm toplam puanı ve otoriter, teşhircilik, üstünlük, kendine yeterlilik kişilik özellikleri aracılık analizine dahil edilmemiştir. Yapılan analizlerde, mentalizasyon düzeyi ile anlamlı ilişkisi bulunan sadece sömürü ve hak iddia etme kişilik özellikleri aracılık analizine dahil edilmiştir.

Çizelge 4: Mentalizasyon Düzeyinin Sömürü Kişilik Özelliği Üzerindeki Etkisinde Empati Düzeyinin Aracılık Rolü

Model	B	SH	*B*	t	*p*	R^2	ΔR^2
X→Y (a)	.01	.01	.16	3.34	.001	.03	.02
X→M (b)	.09	.03	.14	2.94	.003	.02	.02
X→M→Y (c')	.01	.01	.15	3.33	.001	.03	.02

X= Mentalizasyon Düzeyi; M= Empati Düzeyi; Y= Sömürü Kişilik Özelliği

Çizelge 4'e göre, mentalizasyon düzeyinin sömürü kişilik özelliği üzerindeki etkisine yönelik kurulan model anlamlıdır (β=.16; p<.05). Ayrıca, mentalizasyon düzeyinin empati düzeyi üzerindeki etkisine yönelik kurulan model de anlamlıdır (β=.14; p<.05). Buradan hareketle, bağımsız değişkenin hem bağımlı hem de aracı değişken üzerinde anlamlı etkisi bulunmaktadır. Mentalizasyon ile empati düzeyi regresyon modeline bir arada eklenip sömürü kişilik üzerindeki etkisi incelendiğinde; mentalizasyonun sömürü kişilik özelliği üzerindeki anlamlı etkisinin devam ettiği belirlenmiştir (β=.15; p<.05). Ayrıca, β katsayısının .16'dan .15'e düştüğü belirlenmiştir. Bu bağlamda, mentalizasyonun sömürü kişilik özelliği üzerindeki etkisinde empatinin kısmi aracılık rolünün bulunduğu tespit edilmiştir. Bu role ilişkin model, aşağıda sunulmuştur.



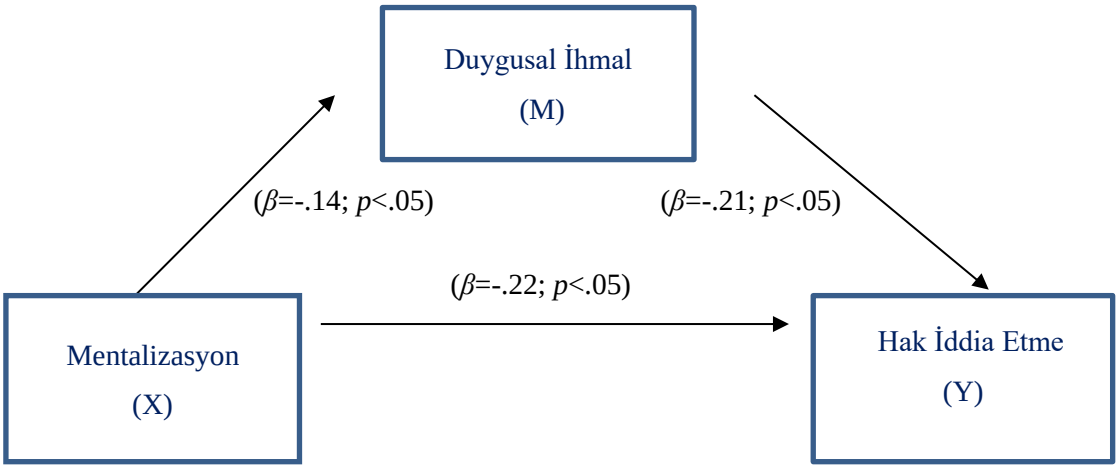
Şekil 1. Mentalizasyon → Empati → Sömürü Kişilik Özelliğine Ait Aracılık Modeli

Çizelge 5: Mentalizasyon Düzeyinin Hak İddia Etme Kişilik Özelliği Üzerindeki Etkisinde Duygusal İhmalin Aracılık Rolü

Model	B	SH	*B*	T	*p*	R^2	ΔR^2
X→Y (a)	-.01	.01	-.22	-4.66	.000	.05	.05
X→M (b)	-.06	.02	-.14	-2.88	.004	.02	.02
X→M→Y (c')	-.01	.01	-.21	-4.29	.000	.06	.06

X= Mentalizasyon Düzeyi; M= Duygusal İhmal; Y= Hak İddia Etme Kişilik Özelliği

Çizelge 5'e göre, mentalizasyon düzeyinin hak iddia etme kişilik özelliği üzerindeki etkisine yönelik kurulan model anlamlıdır (β=-.22; p<.05). Ayrıca, mentalizasyon düzeyinin duygusal ihmal üzerindeki etkisine yönelik kurulan model de anlamlıdır (β=-.14; p<.05). Buradan hareketle, bağımsız değişkenin hem bağımlı hem de aracı değişken üzerinde anlamlı etkisi bulunmaktadır. Mentalizasyon ile duygusal ihmal düzeyi regresyon modeline bir arada eklenip hak iddia etme kişilik üzerindeki etkisi incelendiğinde; mentalizasyonun hak iddia etme kişilik özelliği üzerindeki anlamlı etkisinin devam ettiği belirlenmiştir (β=.15; p<.05). Ayrıca, β katsayısının -.22'den-.21'e geldiği belirlenmiştir. Bu bağlamda, mentalizasyonun hak iddia etme kişilik özelliği üzerindeki etkisinde duygusal ihmalin kısmi aracılık rolünün bulunduğu tespit edilmiştir. Bu role ilişkin model, aşağıda sunulmuştur.



Şekil 2. Mentalizasyon → Duygusal İhmal → Hak İddia Etme Kişilik Özelliğine Ait Aracılık Modeli

Çizelge 5: Aracılık Analizi Bulgularının Toplu Gösterimi

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Aracı Değişken	Durum
Mentalizasyon	Sömürü	Empati	Kısmi Aracılık
		Çocukluk Çağı Trav.	Aracılık Yok
		Duygusal İstismar	Aracılık Yok
		Fiziksel İstismar	Aracılık Yok
		Cinsel İstismar	Aracılık Yok
		Duygusal İhmal	Kısmi Aracılık
		Fiziksel İhmal	Aracılık Yok
	Hak İddia Etme	Empati	Kısmi Aracılık
		Çocukluk Çağı Trav.	Aracılık Yok
		Duygusal İstismar	Aracılık Yok
		Fiziksel İstismar	Aracılık Yok
		Cinsel İstismar	Aracılık Yok
		Duygusal İhmal	Kısmi Aracılık
		Fiziksel İhmal	Aracılık Yok

Bu araştırmada, mentalizasyon ile narsistik kişilik özellikleri arasındaki ilişkide empati ve çocukluk çağı travmalarının aracılık rolü incelenmiştir. Mentalizasyon düzeyinin narsisizm toplam puanı ve otorite, teşhircilik, üstünlük kişilik özellikleriyle anlamlı ilişki bulunamaması sebebiyle aracılık analizi yapılamamıştır. Ancak sömütü ve hak iddia etme kişilik özellikleriyle mentalizasyonun anlamlı ilişkisi olması sebebiyle sadece bu iki narsist kişilik özelliği aracılık analizlerine dahil edilmiştir. Yapılan analizlere göre, mentalizasyon ile sömürü ve hak iddia etme boyutları arasındaki ilişkide empati ve

duygusal ihmalin kısmi aracılık etkisi bulunurken çocukluk çağı travmalarına ait toplam puan ile duygusal istismar, fiziksel istismar, cinsel istismar ve fiziksel ihmalin aracılık rolü bulunamamıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada narsisistik kişilik özellikleri, mentalizasyon kapasitesi, empati düzeyi ve çocukluk çağı travmatik yaşantıları arasındaki ilişkiler incelenmiş; ayrıca empati ve çocukluk çağı travmalarının mentalizasyon ile narsisistik kişilik özellikleri arasındaki ilişkide aracı rolleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda mentalizasyon ile empati arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu bulgu, bireyin hem kendi zihinsel durumlarını hem de başkalarının duygu, düşünce ve niyetlerini anlamlandırabilme kapasitesi arttıkça empatik işlevselliğinin de arttığını göstermektedir. Elde edilen sonuç, mentalizasyonun sosyal bilişin temel bileşenlerinden biri olduğunu ileri süren kuramsal ve ampirik araştırmalarla paralellik göstermektedir (Fonagy ve Luyten, 2021; Luyten ve ark., 2024).

Aynı zamanda bu araştırmada, empati ile narsisistik kişilik özellikleri arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki de saptanmıştır. Bu bulgu narsisistik özellikler arttıkça bireyin başkalarının duygu ve ihtiyaçlarına yönelik duyarlılığının azalabileceğini göstermektedir. Literatürde yer alan çalışmalar da özellikle narsisizmin kişilerarası boyutlarının empatik yetersizliklerle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Miller ve ark., 2017).

Araştırmanın bir diğer önemli bulgusu da çocukluk çağı travmaları ile narsisistik kişilik özellikleri arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki bulunması olmuştur. Bu sonuç erken dönem olumsuz yaşantıların bireyin kendilik gelişimi üzerinde uzun süreli etkiler bırakabileceğini göstermektedir. Bu bulgu aynı zamanda çocukluk çağı travmalarının narsisistik kişilik yapılanmasının gelişimsel öncülleri arasında değerlendiren çalışmalarla uyumludur (Cecil ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2024).

Araştırmanın temel hipotezlerinden biri olan mentalizasyon ile toplam narsisizm puanı arasındaki ilişkinin ise anlamlı olmadığı görülmüştür. Bu sonuç, ilk bakışta literatürdeki çalışmalarla çelişkili görünse de narsisizmin heterojen yapısı dikkate alındığında anlam kazanmaktadır. Nitekim mevcut araştırmada toplam puan düzeyinde ilişki bulunmamasına rağmen narsisizmin sömürü ve hak iddia etme alt boyutlarının mentalizasyon ile anlamlı ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum narsisizmin tek boyutlu bir yapı olarak değerlendirilmesinin bazı ilişkilerin gözden kaçmasına neden olabileceğini düşündürmektedir. Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri, empati düzeyinin mentalizasyon ile narsisizmin sömürü boyutu arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü üstlenmesi olmuştur. Bu sonuç, bireyin zihinsel durumları anlama kapasitesinin kişilerarası davranışlara doğrudan değil, kısmen empatik süreçler aracılığıyla yansıdığını göstermektedir. Çocukluk çağı travmalarının toplam puanı açısından anlamlı bir aracılık etkisi bulunmamıştır. Bununla birlikte travmanın alt boyutları incelendiğinde duygusal ihmalin sömürü ve hak iddia etme boyutları üzerinde kısmi aracılık rolü üstlendiği belirlenmiştir. Bu bulgu, çocukluk döneminde fiziksel ihtiyaçların karşılanmasından çok duygusal ihtiyaçların yeterli biçimde karşılanmasının kişilik gelişimi açısından kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle duygusal ihmal deneyimlerinin bireyin kendilik algısı ve kişilerarası beklentileri üzerinde kalıcı etkiler bırakarak narsisistik özelliklerin gelişiminde rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak araştırma bulguları, narsisistik kişilik özelliklerinin yalnızca bireysel kişilik değişkenleri çerçevesinde değil; empati, mentalizasyon ve erken dönem yaşantıları gibi gelişimsel ve sosyal bilişsel süreçlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle empati ve duygusal ihmal değişkenlerinin narsisizmin kişilerarası boyutlarının anlaşılmasında önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak araştırmalarda narsisizmin alt boyutlarının daha ayrıntılı incelenmesi, farklı örneklemlerde test edilmesi ve boylamsal çalışmalarla desteklenmesi önerilmektedir. Ayrıca klinik uygulamalarda empati geliştirmeye ve mentalizasyon kapasitesini güçlendirmeye yönelik müdahalelerin narsisistik özelliklerin kişilerarası yansımalarının azaltılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Albayrak, A. S. (2005). Çoklu doğrusal bağlantı halinde en küçük kareler tekniğinin alternatifi yanlı tahmin teknikleri ve bir uygulama. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1*(1), 105–126.

Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (12. bs.). Pegem Akademi.

Cecil, C. A. M., Viding, E., Fearon, P., Glaser, D., & McCrory, E. J. (2022). Disentangling the mental health impact of childhood abuse and neglect. *Child Abuse & Neglect, 130*, 105686.

Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology, 44*(1), 113–126.

Ensink, K., Duval, J., Normandin, L., & Fonagy, P. (2018). Mentalizing mediates the relationship between childhood maltreatment and adolescent borderline and narcissistic personality traits. *Adolescent Psychiatry, 8*(3), 199–220.

Fonagy, P., & Luyten, P. (2021). Mentalization, epistemic trust and the phenomenology of psychopathology. *Psychopathology, 54*(2), 94–103.

Freud, S. (1957). On narcissism: An introduction. In J. Strachey (Ed. & Trans.), *The standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud* (Vol. 14, pp. 67–102). Hogarth Press. (Original work published 1914)

George, D., & Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference* (10th ed.). Pearson.

Hall, J. A., & Schwartz, R. (2021). Empathy present and future. *The Journal of Social Psychology, 161*(3), 225–243.

Hayes, A. F. (2018). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach* (2nd ed.). Guilford Press.

Kernberg, O. F. (1975). *Borderline conditions and pathological narcissism*. Jason Aronson.

Kohut, H. (1977). *The restoration of the self*. International Universities Press.

Luyten, P., Campbell, C., Allison, E., & Fonagy, P. (2024). The mentalizing approach to psychopathology: Current developments and future directions. *Annual Review of Clinical Psychology, 20*, 233–259.

McLaughlin, K. A., Colich, N. L., Rodman, A. M., & Weissman, D. G. (2021). Mechanisms linking childhood trauma exposure and psychopathology. *American Journal of Psychiatry, 178*(4), 298–311.

Miller, J. D., Hoffman, B. J., Gaughan, E. T., Gentile, B., Maples, J., & Campbell, W. K. (2011). Grandiose and vulnerable narcissism: A nomological network analysis. *Journal of Personality, 79*(5), 1013–1042.

Miller, J. D., Lynam, D. R., Hyatt, C. S., & Campbell, W. K. (2017). Controversies in narcissism. *Annual Review of Clinical Psychology, 13*, 291–315.

Pincus, A. L., Ansell, E. B., Pimentel, C. A., Cain, N. M., Wright, A. G. C., & Levy, K. N. (2009). Initial construction and validation of the Pathological Narcissism Inventory. *Psychological Assessment, 21*(3), 365–379.

Ritter, K., Dziobek, I., Preißler, S., Rüter, A., Vater, A., Fydrich, T., Lammers, C. H., Heekeren, H. R., Roepke, S., & Schulze, L. (2011). Lack of empathy in patients with narcissistic personality disorder. *Psychiatry Research, 187*(1–2), 241–247.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson.

Watson, P. J., Grisham, S. O., Trotter, M. V., & Biderman, M. D. (1984). Narcissism and empathy: Validity evidence for the Narcissistic Personality Inventory. *Journal of Personality Assessment, 48*(3), 301–305.

Zhang, Y., Li, H., & Wang, X. (2024). Childhood maltreatment and personality pathology: A systematic review and meta-analysis. *Child Abuse & Neglect, 149*, 106538.

7-12 YAŞ ARASINDA OTIZM SPEKTRUM BOZUKLUĞU İLE DİKKAT EKSİKLİĞİ VE HİPERAKTİVİTE BOZUKLUĞU TANILI ÇOCUĞA SAHİP ANNELERDE EBEVEYNLİK STRESİ, ALGILANAN SOSYAL DESTEK VE YAŞAM DOYUMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

İrem TOPÇU

İstanbul Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Klinik Psikoloji Yüksek Lisans Programı, Kartal, İstanbul

Dr. Öğr. Üyesi Hakan DUMAN

İstanbul Gedik Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Kartal, İstanbul

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, 7-12 yaş aralığında Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB) ve Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB) tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Nörogelişimsel bozukluklar arasında yer alan OSB ve DEHB, çocukların sosyal, akademik ve davranışsal işlevselliklerini etkileyebilmekte; bu durum bakım veren ebeveynler üzerinde yoğun psikososyal yük oluşturabilmektedir. Özellikle annelerin bakım sürecinde birincil sorumluluğu üstlenmeleri, ebeveynlik stresi, sosyal destek ihtiyacı ve yaşam doyumu gibi değişkenlerin daha ayrıntılı incelenmesini gerekli kılmaktadır. Araştırmada ayrıca ebeveynlik stresi ile algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırma, İstanbul ilinde yaşayan ve 7-12 yaş aralığında OSB veya DEHB tanılı çocuğa sahip toplam 409 anne ile yürütülmüştür. Katılımcıların %51,3'ünün çocuğu OSB, %48,7'sinin ise DEHB tanısı almıştır. Verilerin toplanmasında Anne-Baba Stres Ölçeği (ABSÖ), Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (MSPSS) ve Yaşam Doyum Ölçeği (YDÖ) kullanılmıştır. Araştırma verileri IBM SPSS Statistics 26 programı aracılığıyla analiz edilmiş; bağımsız örneklem t-testi, Pearson korelasyon analizi, Pearson Ki-kare testi ve regresyon analizlerinden yararlanılmıştır. Ölçeklerin Cronbach Alpha güvenirlik katsayılarının yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Araştırma bulguları, OSB tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stres düzeylerinin DEHB tanılı çocuğa sahip annelere kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Buna karşılık DEHB tanılı çocuğa sahip annelerin algılanan sosyal destek düzeylerinin OSB grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca eğitim düzeyi düşük ve çalışmayan annelerin ebeveynlik stresi puanlarının daha yüksek olduğu; üniversite mezunu ve çalışan annelerin ise sosyal destek algılarının daha güçlü olduğu saptanmıştır. Bulgular, ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasında negatif yönlü; algılanan sosyal destek ile yaşam doyumu arasında ise pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunduğunu ortaya koymuştur.

Araştırma sonuçları, özel gereksinimli çocuğa sahip annelerin psikososyal ihtiyaçlarının anlaşılması ve aile merkezli destek programlarının geliştirilmesi açısından önemli katkılar sunmaktadır. Özellikle sosyal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, annelerin stres düzeylerinin azaltılması ve yaşam doyumlarının artırılması açısından koruyucu bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Çalışmanın, özel gereksinimli çocuk sahibi ailelere yönelik psikolojik danışmanlık, sosyal destek ve rehabilitasyon hizmetlerinin planlanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Otizm Spektrum Bozukluğu, Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu, ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek, yaşam doyumu

COMPARISON OF PARENTING STRESS, SOCIAL SUPPORT, AND LIFE SATISFACTION AMONG MOTHERS OF CHILDREN AGED 7–12 WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER AND ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER

ABSTRACT

The aim of this study is to comparatively examine parenting stress, perceived social support, and life satisfaction levels among mothers of children aged 7–12 diagnosed with Autism Spectrum Disorder (ASD) and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). ASD and ADHD, which are among neurodevelopmental disorders, may negatively affect children's social, academic, and behavioral functioning and create significant psychosocial burdens for caregivers. Mothers, who often assume the primary caregiving role, may experience increased parenting stress and psychological difficulties. Therefore, this study also aimed to investigate the relationships between parenting stress, perceived social support, and life satisfaction.

The study was conducted with 409 mothers living in Istanbul who had children diagnosed with ASD or ADHD. Of the participants, 51.3% had children diagnosed with ASD and 48.7% had children diagnosed with ADHD. Data were collected using the Parenting Stress Scale, the Multidimensional Scale of Perceived Social Support, and the Satisfaction with Life Scale. Data analyses were performed using IBM SPSS Statistics 26. Independent samples t-test, Pearson correlation analysis, Chi-square analysis, and regression analyses were used. Reliability analyses demonstrated that all scales had high internal consistency coefficients.

The findings revealed that mothers of children with ASD experienced significantly higher levels of parenting stress compared to mothers of children with ADHD. In contrast, mothers in the ADHD group reported significantly higher levels of perceived social support than mothers in the ASD group. Furthermore, mothers with lower educational levels and those who were unemployed demonstrated higher parenting stress scores, whereas university graduates and employed mothers reported stronger perceived social support. The results also indicated a significant negative relationship between parenting stress and life satisfaction, while perceived social support was positively associated with life satisfaction.

The findings of this study provide important contributions to understanding the psychosocial needs of mothers with special needs children and developing family-centered intervention programs. Strengthening social support mechanisms may serve as a protective factor by reducing parenting stress and improving mothers' life satisfaction and psychological well-being. The study is expected to contribute to the planning of psychological counseling, rehabilitation, and social support services for families of children with special needs.

Keywords: Autism Spectrum Disorder, Attention Deficit Hyperactivity Disorder, parenting stress, perceived social support, life satisfaction

GİRİŞ

Çocuk yetiştirme süreci, ebeveynlerin duygusal, bilişsel ve ekonomik kaynaklarını seferber ettikleri çok boyutlu bir deneyimdir. Normal gelişim gösteren çocukların ebeveynleri için bile zorlayıcı olabilen bu süreç, çocukta nörogelişimsel bir bozukluğun varlığı durumunda çok daha karmaşık bir hal almaktadır. Otizm Spektrum Bozukluğu ve Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu, çocukluk döneminde en sık rastlanan gelişimsel yetersizlikler arasında yer almakta ve bakım verenlerin, özellikle de birincil bakım rolünü üstlenen annelerin yaşam kalitesini doğrudan etkilemektedir (Riany & Ihsana, 2021; Yorulmaz vd., 2024).

7-12 yaş dönemi aynı zamanda çocukların sosyal çevrelerinin genişlediği, akran ilişkilerinin geliştiği ve sosyal becerilerin önem kazandığı bir gelişim dönemidir. OSB tanılı çocuklarda sosyal etkileşim ve iletişim becerilerinde yaşanan zorlanmalar ve DEHB tanılı çocuklarda ise dürtüsellik ve davranış düzenleme güçlükleri akran ilişkilerinde zorluklara neden olabilmektedir (Mash & Wolfe, 2016). Bu durum ebeveynlerin çocuklarının sosyal uyum süreçlerine daha fazla dahil olmasına yol açmakla birlikte

ebeveynlik rollerinin karmaşıklığını artırmaktadır. Artan ebeveyn sorumlulukları ise ebeveynlik stresinin yükselmesine ve yaşam doyumunun etkilenmesine sebep olabilmektedir.

Ebeveyn yükü artışı: Okul başlangıcıyla ebeveynler öğretmen iş birliği, ödev desteği, davranış yönetimi gibi ek sorumluluklar alır. Araştırmalar, OSB/DEHB ebeveynlerinin bu dönemde stresinin %30-50 arttığını belirtir (Özdemir, 2020).7-12 yaş dönemi ele alındığında, akademik beklentilerin artması, sosyal becerilerin gelişmesi, OSB ve DEHB belirtilerinin eğitim ortamlarında daha belirgin hale gelmesi ayrıca ebeveyn sorumluluklarının yoğunlaşması sebebiyle araştırma kapsamında incelenmesi gereken kritik bir gelişim dönemidir.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, 7-12 yaş arasında otizm spektrum bozukluğu ve dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerinin karşılaştırılmalı olarak ele alınmasıdır. Bu doğrultuda, araştırmada bahsedilen iki farklı tanı grubuna sahip çocukların annelerinin ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerinin farklılaşıp farklılaşmadığının belirlenmesi hedeflenmektedir.

Bu araştırma, özel gereksinimli çocuk sahibi annelerin ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerini karşılaştırmalı olarak ele alması açısından önem taşımaktadır. Literatürde bu değişkenlerin ayrı ayrı incelendiği çalışmalar bulunmaktadır fakat söz konusu değişkenlerin iki farklı tanı grubuna sahip çocukların anneleri üzerinde karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle araştırmanın literatürdeki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Araştırmanın Önemi

Çalışmanın bulguları ile birlikte iki tanı grubu için de aile içi işlevselliğin artırılması adına bir temel hazırlaması önem arz etmektedir. Benzerlik gösteren zorluklara rağmen, sosyal destek mekanizmalarının her iki tanı grubu için farklılaşan etkilerini anlamak, sadece bireysel düzeyde değil, aynı zamanda daha bütüncül ve aile merkezli rehabilitasyon programlarının oluşturulması için literatüre ve uygulamaya önemli katkılar sağlayacaktır. Dolayısıyla bu araştırma, annelerin psikososyal iyi oluşlarını inceleyerek dolaylı yoldan çocukların gelişimsel süreçlerine daha sağlıklı bir bakım ortamı sunulması için geliştirilecek programlar için literatüre katkı sağlayacaktır.

Araştırma Hipotezleri

H1: Otizm spektrum bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi düzeyleri, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi düzeylerinden anlamlı düzeyde yüksektir.

H2: Otizm spektrum bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin algılanan sosyal destek düzeyleri, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin algılanan sosyal destek düzeylerinden anlamlı düzeyde düşüktür.

H3: Otizm spektrum bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin yaşam doyumu düzeyleri, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanılı çocuğa sahip annelerin yaşam doyumu düzeylerinden anlamlı düzeyde düşüktür.

H4: Ebeveynlik stresi ile algılanan sosyal destek arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki vardır.

H5: Ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki vardır.

H6: Algılanan sosyal destek ile yaşam doyumu arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki vardır.

H7: Ebeveynlik stresi ve algılanan sosyal destek, yaşam doyumunun anlamlı yordayıcılarıdır.

H8: Algılanan sosyal destek, ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasındaki ilişkide aracılık rolü üstlenmektedir.

H9: Annelerin sosyodemografik özelliklerine (eğitim durumu, çalışma durumu ve medeni durum) göre ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeyleri anlamlı farklılık göstermektedir.

Varsayımlar

Bu araştırmada aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir:

Araştırmaya katılan annelerin veri toplama araçlarını samimi ve doğru bir şekilde yanıtladıkları varsayılmıştır.

Araştırmada kullanılan ölçeklerin geçerli ve güvenilir ölçme araçları olduğu kabul edilmiştir.

Araştırmaya katılan bireylerin araştırma sorularını doğru şekilde anladıkları varsayılmıştır.

Araştırma grubunun evreni temsil ettiği kabul edilmiştir.

Sınırlılıklar

Bu araştırma aşağıdaki sınırlılıklar çerçevesinde yürütülmüştür:

Araştırma, İstanbul ilinde yaşayan anneler ile sınırlıdır.

Araştırma yalnızca 7-12 yaş arasında otizm spektrum bozukluğu ve dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanılı çocuğa sahip anneleri kapsamaktadır.

Araştırmada veriler öz-bildirim ölçekleri aracılığıyla toplanmıştır.

Araştırma, ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu değişkenleri ile sınırlıdır.

Araştırmanın yalnızca İstanbul ili ile sınırlı tutulması, farklı sosyo-ekonomik ve kültürel yapılara sahip bölgelerdeki ebeveynlerin deneyimlerini dışarıda bırakmakta ve elde edilen bulguların ülke genelini yansıtma noktasında genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Buna ek olarak, çalışmanın kesitsel desenli olması değişkenler arasındaki ilişkilerin zaman içerisindeki değişimini izlemeye olanak tanımamaktadır. Ayrıca, verilerin katılımcıların öz-bildirimlerine dayalı olması, sosyal istenirlik yanlılığı veya anlık psikolojik durumların sonuçlar üzerinde etkili olabileceği riskini barındırmaktadır. Çalışmada yalnızca annelere odaklanılması ise aile sistemindeki diğer bakım verenlerin süreçteki rollerinin ve bu deneyimlerin aile içi dinamiklere yansımasının bütüncül bir şekilde ele alınmasını kısıtlamaktadır

Ebeveynlik Stresi ve Nörogelişimsel Bozukluklar

Ebeveynlik stresi, çocuk yetiştirmenin getirdiği talepler ile ebeveynin bu talepleri karşılama kapasitesi arasındaki dengesizlikten kaynaklanan psikolojik bir tepkidir. 7-12 yaş aralığı, çocuğun akademik hayata başladığı ve sosyal kabul görme ihtiyacının zirveye ulaştığı bir dönem olması nedeniyle anneler üzerindeki baskıyı artırmaktadır. OSB tanılı çocukların anneleri, çocuklarının sınırlı sosyal etkileşimi ve tekrarlayıcı davranış örüntüleri nedeniyle yüksek düzeyde kronik stres bildirmektedir (Miranda et al., 2019; Tüylüoğlu & Sezgin, 2024). Benzer şekilde, DEHB tanılı çocukların anneleri de çocuklarının dürtüsellik, hareketlilik ve dikkat sorunlarıyla başa çıkarken ebeveynlik rollerinde ciddi yetersizlik hissi yaşayabilmektedir (Pardo-Salamanca vd., 2024).

Algılanan Sosyal Destek ve Önemi

Sosyal destek; aile, arkadaşlar ve diğer yakın çevreden alınan duygusal, bilgi verici ve maddi yardımları kapsayan geniş bir kavramdır. Özel gereksinimli çocuğa sahip anneler için sosyal destek, bakım yükünün getirdiği tükenmişlik hissini azaltan en önemli koruyucu faktörlerden biridir (Tekinarslan & Tok, 2023). Literatür, düşük sosyal destek algısının annelerde depresyon, anksiyete ve yaşam doyumunda düşüş ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Miranda et al., 2019). Özellikle eş ve

geniş aileden alınan desteğin, annenin psikolojik dayanıklılığını artırdığı saptanmıştır (Mutlu vd., 2021; Riany & Ihsana, 2021).

Yaşam Doyumu

Yaşam doyumu, bireyin hayatını kendi belirlediği standartlara göre değerlendirmesiyle oluşan bilişsel bir memnuniyet halidir. Özel gereksinimli çocuğa sahip ebeveynlerin yaşam doyumu genellikle normal gelişim gösteren çocukların ebeveynlerinden daha düşüktür (Kurt vd., 2023). Yapılan çalışmalar, sosyal destek algısı arttıkça annelerin yaşam doyumu düzeylerinin de anlamlı şekilde yükseldiğini ortaya koymaktadır (Mutlu vd., 2021; Yıldırım vd., 2024).

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma, 7-12 yaş arasında Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB) ve Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB) tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerini karşılaştırmak amacıyla nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlişkisel tarama modeli, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi ve bu değişkenlerin birbirlerini yordama düzeylerini incelemeyi amaçlayan araştırma desenlerinden biridir. Bu çalışma kapsamında ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu arasındaki ilişkiler incelenmiş, ayrıca algılanan sosyal desteğin aracılık rolü değerlendirilmiştir.

Araştırma Grubu

Araştırmanın evrenini Türkiye'de yaşayan, 7-12 yaş arasında OSB veya DEHB tanılı çocuğa sahip anneler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemi ise uygun örnekleme yöntemi ile ulaşılan toplam 409 anneden oluşmaktadır.

Katılımcıların 210'u (%51,3) OSB tanılı çocuğa sahip annelerden, 199'u (%48,7) ise DEHB tanılı çocuğa sahip annelerden oluşmaktadır. Araştırmaya yalnızca 18 yaş ve üzeri, gönüllü katılım sağlayan ve çocuğunun uzman tarafından konulmuş OSB veya DEHB tanısına sahip olduğunu beyan eden anneler dahil edilmiştir.

Katılımcıların eğitim durumu, çalışma durumu ve medeni durum gibi sosyodemografik özellikleri de araştırma kapsamında değerlendirilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama amacıyla Kişisel Bilgi Formu, Anne-Baba Stres Ölçeği, Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği ve Yaşam Doyumu Ölçeği kullanılmıştır.

Kişisel Bilgi Formu

Araştırmacı tarafından hazırlanan Kişisel Bilgi Formu, katılımcıların yaş, eğitim düzeyi, medeni durum, çalışma durumu ve çocuklarının tanı bilgileri gibi sosyodemografik özelliklerini belirlemek amacıyla oluşturulmuştur.

Anne-Baba Stres Ölçeği

Katılımcıların ebeveynlik stres düzeylerini belirlemek amacıyla Anne-Baba Stres Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek toplam 16 maddeden oluşmakta olup 4'lü Likert tipi derecelendirme sistemine sahiptir. Ölçekten alınan yüksek puanlar ebeveynlik stres düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Bu araştırmada ölçeğin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach Alpha) .972 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değer, ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir.

Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği

Katılımcıların algıladıkları sosyal destek düzeylerini belirlemek amacıyla Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (MSPSS) kullanılmıştır. Ölçek aile, arkadaş ve özel bir kişi desteği olmak üzere üç alt boyuttan ve toplam 12 maddeden oluşmaktadır. Maddeler 7'li Likert tipi derecelendirme ile değerlendirilmektedir.

Ölçekten alınan yüksek puanlar bireyin algıladığı sosyal destek düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu araştırmada MSPSS'nin Cronbach Alpha katsayısı .983 olarak bulunmuştur.

Yaşam Doyumu Ölçeği

Katılımcıların yaşam doyumu düzeylerini belirlemek amacıyla Yaşam Doyumu Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek 5 maddeden oluşmakta ve 5'li Likert tipi derecelendirme ile puanlanmaktadır.

Ölçekten alınan yüksek puanlar bireyin yaşam doyumunun yüksek olduğunu göstermektedir. Bu araştırmada ölçeğin Cronbach Alpha katsayısı .961 olarak hesaplanmıştır.

Veri Toplama Süreci

Araştırmanın uygulanabilmesi için İstanbul Gedik Üniversitesi Sosyal Bilimler Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı alınmıştır. Etik kurul tarafından yapılan değerlendirme sonucunda araştırmanın etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Veriler çevrim içi anket yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Katılımcılara araştırmanın amacı hakkında bilgi verilmiş ve gönüllü katılım esas alınmıştır. Araştırmaya katılan tüm bireylerden aydınlatılmış onam alınmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırmadan elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 26 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Öncelikle katılımcıların sosyodemografik özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Bu kapsamda frekans, yüzde, ortalama ve standart sapma değerlerinden yararlanılmıştır.

Verilerin normal dağılıma uygunluğu çarpıklık ve basıklık değerleri incelenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda parametrik testlerin kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür.

Ölçeklerin iç tutarlılık güvenirlikleri Cronbach Alpha katsayısı ile değerlendirilmiştir.

Araştırma sorularına yanıt bulmak amacıyla;

1. Grup karşılaştırmalarında Bağımsız Örneklem t-Testi,
2. Değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde Pearson Korelasyon Analizi,
3. Yaşam doyumunu yordayan değişkenlerin belirlenmesinde Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi,
4. Algılanan sosyal desteğin aracılık rolünün incelenmesinde Hayes PROCESS Macro Model 4 kullanılarak Bootstrap Aracılık Analizi

uygulanmıştır.

Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < .05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Katılımcılara İlişkin Demografik Bulgular

Araştırmaya toplam 409 anne katılmıştır. Katılımcıların 210'u (%51,3) OSB tanılı çocuğa sahip annelerden, 199'u (%48,7) ise DEHB tanılı çocuğa sahip annelerden oluşmaktadır.

Katılımcıların eğitim durumları incelendiğinde %54,8'inin lise ve altı eğitim düzeyine, %42,3'ünün üniversite mezunu olduğu, %2,9'unun ise lisansüstü eğitim aldığı görülmüştür. Çalışma durumuna göre katılımcıların %56,5'inin çalışmadığı, %43,5'inin ise aktif olarak çalıştığı belirlenmiştir. Medeni durum açısından değerlendirildiğinde katılımcıların büyük çoğunluğunun evli (%92,7) olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Katılımcı Annelerin Sosyodemografik Özelliklerine İlişkin Frekans ve Yüzde Dağılımları

Değişken	Kategori	f	%
Eğitim Durumu	Lise ve altı	224	54,8
	Üniversite	173	42,3
	Lisansüstü	12	2,9
Çalışma Durumu	Çalışıyor	178	43,5
	Çalışmıyor	231	56,5
Çocuğun Tanısı	Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB)	210	51,3
	Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB)	199	48,7
Medeni Durum	Evli	379	92,7
	Bekar	30	7,3

f: frekans, %: yüzde

Anne-Baba Stres Ölçeği (ABSÖ), Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (MSPSS) ve Alt Boyutları ile Yaşam Doyum Ölçeğine (YDÖ) Yönelik Tanımlayıcı İstatistiki Bulgular

Katılımcıların ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu ölçekleri ile alt boyutlarından aldıkları puanlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de sunulmuştur. Ebeveynlik stresi açısından, Anne-Baba Stres Ölçeği (ABSÖ) toplam puan ortalaması 36,79 (SS = 13,36) olarak bulunmuş olup, puanlar 16,00 ile 64,00 arasında değişmektedir. Bu bulgu, annelerin orta düzeyin üzerinde ebeveynlik stresi deneyimlediklerine işaret etmektedir.

Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (MSPSS) toplam puan ortalaması 4,29 (SS = 1,88; ranj = 1,00-7,00) olarak hesaplanmıştır. Alt boyutlar incelendiğinde, en yüksek desteğin aile alt boyutundan (Ort. = 4,57, SS = 1,86) algılandığı görülmektedir. Bunu sırasıyla arkadaş (Ort. = 4,24, SS = 2,00) ve özel bir insan (Ort. = 4,06, SS = 1,99) izlemektedir. Aile desteğinin diğer kaynaklara kıyasla görece daha yüksek olması, bu popülasyonda birincil destek mekanizmasının aile olduğunu düşündürmektedir. Yaşam Doyum Ölçeği (YDÖ) ortalama puan 14,94 (SS = 6,15; ranj = 5,00-25,00) olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Ölçek ve Alt Boyutlarına Ait Tanımlayıcı İstatistiki Bulgular

Ölçek ve Alt Boyutları	Ort.	S.S.	Minimum	Maximum
Anne-Baba Stres Ölçeği (ABSÖ)	36,79	13,36	16,00	64,00
Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçesi (MSPSS)	4,29	1,88	1,00	7,00
Özel Bir İnsandır	4,06	1,99	1,00	7,00
Aile	4,57	1,86	1,00	7,00
Arkadaş	4,24	2,00	1,00	7,00
Yaşam Doyum Ölçeği (YDÖ)	14,94	6,15	5,00	25,00

Ort.: ortalama, S.S.: standart sapma

Anne-Baba Stres Ölçeği (ABSÖ) Puanlarının Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

Yapılan analizler, annelerin eğitim durumuna göre ABSÖ puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir, t = 8,74, p < 0,001. Lise ve altı eğitim düzeyine sahip annelerin stres puanları (Ort. = 41,62, SS = 12,50), üniversite/lisansüstü eğitim düzeyine sahip annelere (Ort. = 30,95, SS = 12,01) kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde, çalışma durumuna göre de gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmıştır, t = -8,81, p < ,001. Çalışmayan annelerin stres puanları (Ort. = 41,48, SS = 11,93), çalışan annelere (Ort. = 30,71, SS = 12,68) kıyasla anlamlı ölçüde daha yüksektir. Çocuğun tanısı açısından bakıldığında, OSB'li çocuğa sahip annelerin ABSÖ puan ortalaması (Ort. = 46,77, SS = 9,06), DEHB'li çocuğa sahip annelerin puan ortalamasından (Ort. = 26,26, SS = 8,02) anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur, t = 24,20, p < ,001. Medeni durum açısından ise evli anneler (Ort. = 36,54, SS = 13,36) ile bekar anneler (Ort. = 39,93, SS = 13,30) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, t = -1,34, p = ,181. Bu bulgular, düşük eğitim düzeyi, çalışmama durumu ve çocuğun OSB tanısına sahip olmasının annelerde daha yüksek ebeveynlik stresi ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. ABSÖ Puanlarının Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

Değişken	n	Ort. ± SS	t	p
Eğitim Durumu			8,74	**< 0,001****
Lise ve altı	224	41,62 ± 12,50		
Üniversite/Lisansüstü	185	30,95 ± 12,01		
Çalışma Durumu			-8,81	**< 0,001****
Çalışıyor	178	30,71 ± 12,68		
Çalışmıyor	231	41,48 ± 11,93		
Çocuğun Tanısı			24,2	**< 0,001****
Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB)	210	46,77 ± 9,06		
Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB)	199	26,26 ± 8,02		
Medeni Durum			-1,34	0,181
Evli	379	36,54 ± 13,36		
Bekar	30	39,93 ± 13,30		

*t:Bağımsız örneklem t-testi, **:p<0,001, Ort.:Ortalama, SS.:Standart sapma, Varyansların homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir.*

Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (MSPSS) ve Alt Boyut Puanlarının Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

MSPSS ve alt boyut puanlarının katılımcıların sosyodemografik özelliklerine göre karşılaştırılmasına ilişkin analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Annelerin eğitim durumuna göre MSPSS toplam puanı ve tüm alt boyut puanlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Üniversite/lisansüstü eğitim düzeyine sahip annelerin MSPSS toplam puanı (Ort.

= 5,21, SS = 1,63), lise ve altı eğitim düzeyine sahip annelere (Ort. = 3,53, SS = 1,72) kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (t = 10,08, p < 0,001). Benzer şekilde, Özel Bir İnsan alt boyutunda (t = 9,55, p < 0,001), Aile alt boyutunda (t = 9,40, p < 0,001) ve Arkadaş alt boyutunda (t = 9,86, p < 0,001) üniversite/lisansüstü eğitimli anneler, lise ve altı eğitimli annelerden anlamlı düzeyde daha yüksek puanlara sahiptir.

Çalışma durumuna göre de MSPSS toplam ve tüm alt boyut puanlarında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çalışan annelerin MSPSS toplam puanı (Ort. = 5,22, SS = 1,70), çalışmayan annelere (Ort. = 3,57, SS = 1,68) kıyasla anlamlı ölçüde daha yüksektir (t = 9,79, p < 0,001). Ayrıca çalışan anneler, Özel Bir İnsan (t = 9,76, p < 0,001), Aile (t = 8,41, p < 0,001) ve Arkadaş (t = 9,82, p < 0,001) alt boyutlarının tamamında çalışmayan annelerden anlamlı düzeyde daha yüksek sosyal destek algısı bildirmiştir.

Çocuğun tanısı açısından bakıldığında, DEHB'li çocuğa sahip annelerin MSPSS toplam ve tüm alt boyut puanları, OSB'li çocuğa sahip annelere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. DEHB grubundaki annelerin MSPSS toplam puanı (Ort. = 5,69, SS = 1,22) OSB grubundaki annelere (Ort. = 2,97, SS = 1,35) göre belirgin şekilde yüksektir (t = 21,40, p < 0,001). Alt boyutlar incelendiğinde, DEHB grubundaki anneler Özel Bir İnsan (t = 21,13, p < 0,001), Aile (t = 17,82, p < ,001) ve Arkadaş (t = 20,41, p < 0,001) alt boyutlarının her birinde OSB grubundaki annelerden anlamlı ölçüde daha yüksek puanlar elde etmiştir.

Medeni durum açısından ise MSPSS toplam puanında evli ve bekar anneler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (t = 1,76, p = ,079). Ancak alt boyutlar incelendiğinde, Özel Bir İnsan alt boyutunda evli anneler (Ort. = 4,12, SS = 1,99) bekar annelere (Ort. = 3,32, SS = 1,82) kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek puanlara sahiptir (t = 2,14, p = 0,033). Benzer şekilde Aile alt boyutunda da evli anneler (Ort. = 4,63, SS = 1,85) bekar annelerden (Ort. = 3,83, SS = 1,85) anlamlı derecede daha yüksek puanlar bildirmiştir (t = 2,30, p = 0,022). Arkadaş alt boyutunda ise evli anneler (Ort. = 4,26, SS = 2,00) ile bekar anneler (Ort. = 4,00, SS = 2,13) arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (t = 0,68, p = ,495).

Tablo 4. MSPSS ve Alt Boyut Puanlarının Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

Değişken	n	MSPSS Toplam	Özel Bir İnsan	Aile	Arkadaş
Eğitim Durumu					
Lise ve altı	224	3,53 ± 1,72	3,29 ± 1,81	3,86 ± 1,78	3,44 ± 1,80
Üniversite/Lisansüstü	185	5,21 ± 1,63	5,00 ± 1,79	5,43 ± 1,56	5,21 ± 1,80
t		10,08	9,55	9,4	9,86
p		**< 0,001****	**< 0,001****	**< 0,001****	**< 0,001****
Çalışma Durumu					
Çalışıyor	178	5,22 ± 1,70	5,05 ± 1,81	5,38 ± 1,69	5,24 ± 1,84
Çalışmıyor	231	3,57 ± 1,68	3,30 ± 1,79	3,95 ± 1,73	3,47 ± 1,78
t		9,79	9,76	8,41	9,82
p		**< 0,001****	**< 0,001****	**< 0,001****	**< 0,001****
Çocuğun Tanısı					
OSB	210	2,97 ± 1,35	2,66 ± 1,41	3,38 ± 1,48	2,85 ± 1,50
DEHB	199	5,69 ± 1,22	5,54 ± 1,34	5,83 ± 1,29	5,70 ± 1,31
t		21,4	21,13	17,82	20,41
p		**< 0,001****	**< 0,001****	**< 0,001****	**< 0,001****
Medeni Durum					
Evli	379	4,34 ± 1,88	4,12 ± 1,99	4,63 ± 1,85	4,26 ± 2,00
Bekar	30	3,71 ± 1,80	3,32 ± 1,82	3,83 ± 1,85	4,00 ± 2,13
t		1,76	2,14	2,3	0,68
p		0,079	**0,033***	**0,022***	0,495

*t:Bağımsız örneklem t-testi, *:p<0,05, **:p<0,001, Ort.:Ortalama, SS.:Standart sapma, Varyansların homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir. OSB: Otizm Spektrum Bozukluğu, DEHB: Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu.*

Yaşam Doyumu Ölçeği (YDÖ) Puanlarının Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

Yaşam Doyumu Ölçeği (ABSÖ) puanlarının katılımcıların sosyodemografik özelliklerine göre karşılaştırılmasına ilişkin analiz sonuçları Tablo 5'de sunulmuştur. .

Annelerin eğitim durumuna göre YDÖ puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (t = -8,98, p < 0,001). Üniversite/lisansüstü eğitim düzeyine sahip annelerin yaşam doyumu puanları (Ort. = 17,69, SS = 5,68), lise ve altı eğitim düzeyine sahip annelere (Ort. = 12,67, SS = 5,58) kıyasla anlamlı derecede daha yüksektir.

Çalışma durumuna göre de YDÖ puanlarında anlamlı bir farklılık saptanmıştır (t = 8,32, p < 0,001). Çalışan annelerin yaşam doyumu puanları (Ort. = 17,61, SS = 6,08), çalışmayan annelere (Ort. = 12,88, SS = 5,37) kıyasla anlamlı ölçüde daha yüksek bulunmuştur.

Çocuğun tanısı açısından bakıldığında, DEHB'li çocuğa sahip annelerin yaşam doyumu puanları (Ort. = 19,72, SS = 4,17), OSB'li çocuğa sahip annelere (Ort. = 10,41, SS = 3,87) göre anlamlı derecede daha yüksektir (t = -23,40, p < 0,001).

Medeni durum açısından ise evli anneler (Ort. = 15,07, SS = 6,14) ile bekar anneler (Ort. = 13,23, SS = 6,09) arasında yaşam doyumu puanları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (t = 1,58, p = ,115).

Tablo 5. YDÖ Puanlarının Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

Değişken	**n**	**Ort. ± SS**	**t**	**p**
Eğitim Durumu			-8,98	< **0,001****
Lise ve altı	224	12,67 ± 5,58		
Üniversite/Lisansüstü	185	17,69 ± 5,68		
Çalışma Durumu			8,32	< **0,001****
Çalışıyor	178	17,61 ± 6,08		
Çalışmıyor	231	12,88 ± 5,37		
Çocuğun Tanısı			-23,4	< **0,001****
Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB)	210	10,41 ± 3,87		
Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB)	199	19,72 ± 4,17		
Medeni Durum			1,58	0,115
Evli	379	15,07 ± 6,14		
Bekar	30	13,23 ± 6,09		

*t:Bağımsız örneklem t-testi, **:p<0,001, Ort.:Ortalama, SS.:Standart sapma, Varyansların homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir.*

Anne-Baba Stres Ölçeği (ABSÖ), Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (MSPSS) ve Alt Boyutları ile Yaşam Doyum Ölçeği (YDÖ) Puanları Arasındaki İlişki Düzeyleri

Katılımcıların ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek düzeyde ilişkiler bulunmuştur. Ebeveynlik stresi ile algılanan sosyal destek arasında güçlü negatif yönlü ilişkiler saptanmıştır (MSPSS Toplam: r = -0,883; Özel Bir İnsan: r = -0,847; Aile: r = -0,853; Arkadaş: r = -0,846; p < 0,001). Benzer şekilde ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasında da yüksek düzeyde negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmuştur (r = -0,904, p < 0,001). Buna karşılık algılanan sosyal destek ile yaşam doyumu arasında güçlü pozitif yönlü ilişkiler belirlenmiştir (MSPSS Toplam: r = 0,905; Özel Bir İnsan: r = 0,891; Aile: r = 0,844; Arkadaş: r = 0,873;

p < 0,001). Ayrıca sosyal desteğin toplam puanı ile alt boyutları arasında çok yüksek düzeyde pozitif ilişkiler bulunmuştur (r = 0,938–0,973, p < 0,001). Bu bulgular, annelerin algıladıkları sosyal destek arttıkça yaşam doyumlarının arttığını, ebeveynlik streslerinin ise azaldığını göstermektedir.

Tablo 6. ABSÖ, MPSS ve Alt Boyutları ile YDÖ Puanları Arasındaki İlişki Düzeyleri

Değişken	ABSÖ	MSPSS	Özel Bir İnsan	Aile	Arkadaş
ABSÖ	-				
MSPSS Toplam	-,883**	-			
Özel Bir İnsan	-,847**	,972**	-		
Aile	-,853**	,938**	,855**	-	
Arkadaş	-,846**	,973**	,944**	,858**	-
YDÖ	-,904**	,905**	,891**	,844**	,873**

*ABSÖ: Anne-Baba Stres Ölçeği, MSPSS: Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği, YDÖ: Yaşam Doyum Ölçeği, **:p<0,001, Pearson Korelasyon Analizi*

Yaşam Doyumunu Yordayan Değişkenlere İlişkin Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Yapılan çoklu doğrusal regresyon analizi sonucunda, ebeveynlik stresi (ABSÖ) ve algılanan sosyal destek (MSPSS) değişkenlerinin yaşam doyumunu anlamlı düzeyde yordadığı belirlenmiştir (F(2,406) = 1344,30, p < 0,001). Modelin açıklayıcılık düzeyinin oldukça yüksek olduğu ve yaşam doyumundaki varyansın %86,9'unu açıkladığı görülmüştür (Düzeltilmiş R^2 = 0,868). Standartlaştırılmış regresyon katsayıları incelendiğinde, ebeveynlik stresinin yaşam doyumunu negatif yönde (β = -0,478, p < 0,001), algılanan sosyal desteğin ise pozitif yönde (β = 0,482, p < 0,001) anlamlı olarak yordadığı saptanmıştır. Ayrıca VIF değerlerinin 4,53 olması, modelde çoklu bağlantı sorununun bulunmadığını göstermektedir. Bulgular, annelerin yaşam doyumunun azalmasında ebeveynlik stresinin, artmasında ise algılanan sosyal desteğin önemli bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 7. Yaşam Doyumunu Yordayan Değişkenlere İlişkin Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Model	Değişken	B	SH	β	t	p	95% GA (B)	VIF
	(Sabit)	16,25	1,16		14,05	**< 0,001****	[13,97 – 18,52]	
Model	ABSÖ	-0,22	0,02	-0,48	-12,5	**< 0,001****	[-0,26 – -0,19]	4,53
	MSPSS	1,58	0,13	0,48	12,62	**< 0,001****	[1,34 – 1,83]	4,53

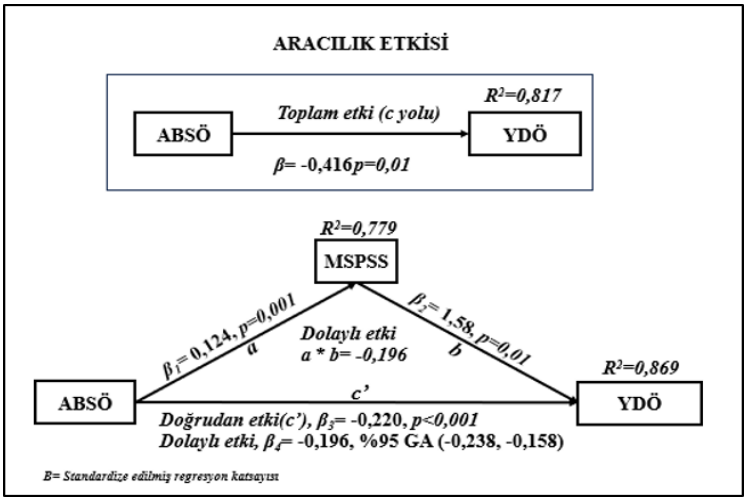
Sosyal Destek Algısının, Ebeveyn Stres Düzeyleri ile Yaşam Doyumu Arasındaki İlişkide Aracılık Rolü

Ebeveynlik stresinin yaşam doyumu üzerindeki etkisinde algılanan sosyal desteğin aracı rolü Hayes PROCESS Macro Model 4 ile incelenmiştir. Bulgular, ebeveynlik stresinin algılanan sosyal desteği anlamlı ve negatif yönde yordadığını göstermiştir (B = -0,124, p < 0,001). Ayrıca algılanan sosyal desteğin, ebeveynlik stresi kontrol edildiğinde yaşam doyumunu anlamlı ve pozitif yönde yordadığı bulunmuştur (B = 1,582, p < 0,001). Ebeveynlik stresinin yaşam doyumu üzerindeki doğrudan etkisi ise anlamlılığını korumuştur (B = -0,220, p < 0,001). Modelin açıklayıcılık düzeyi yüksek olup, ebeveynlik stresi ve algılanan sosyal destek birlikte yaşam doyumundaki varyansın %86,9'unu açıklamaktadır (R^2

= 0,869). Bu bulgular, algılanan sosyal desteğin ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasındaki ilişkide anlamlı bir aracı role sahip olduğunu göstermektedir.

ABSÖ'nün YDÖ üzerindeki dolaylı etkisi MSPSS aracılığıyla anlamlı bulunmuştur (Etki = -0,196, BootSH = 0,020, %95 GA [-0,238 – -0,158]). Güven aralığının sıfır değerini içermemesi, dolaylı etkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Şekil 1. Sosyal Destek Algısının, Ebeveyn Stres Düzeyleri ile Yaşam Doyumu Arasındaki İlişkide Aracılık Rolü



TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada, 7–12 yaş arasında Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB) ve Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB) tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi, algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeyleri karşılaştırılmış, annelerin medeni durumları, eğitim düzeyi ve çalışma durumu gibi sosyodemografik değişkenlerin bu değişkenler üzerindeki etkileri analiz edilmiştir ve ayrıca ebeveynlik stresinin yaşam doyumu üzerindeki etkisinde algılanan sosyal desteğin aracılık rolü incelenmiştir. Araştırma bulguları, OSB tanılı çocuğa sahip annelerin DEHB tanılı çocuğa sahip annelere kıyasla daha yüksek düzeyde ebeveynlik stresi yaşadıklarını, daha düşük sosyal destek algısına sahip olduklarını ve yaşam doyumlarının daha düşük olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki bulunduğu, algılanan sosyal desteğin ise yaşam doyumunu pozitif yönde anlamlı biçimde yordadığı belirlenmiştir. Ayrıca araştırmanın en önemli bulgularından biri olarak, algılanan sosyal desteğin ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü üstlendiği saptanmıştır. Elde edilen bulgular, özel gereksinimli çocuğa sahip annelerin psikososyal süreçlerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve özellikle ebeveynlik stresinin annelerin psikolojik iyi oluşu üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Araştırmada annelerin Anne-Baba Stres Ölçeği toplam puan ortalamasının 36,79 olduğu görülmüştür. Bu sonuç, iki grupta da annelerin ebeveynlik sürecinde orta düzeyin üzerinde stres yaşadıklarını göstermektedir.

Özel gereksinimli çocuğa sahip olmak, ebeveynlerin günlük yaşam düzenini, aile içi rollerini, sosyal ilişkilerini ve psikolojik iyi oluşlarını direkt olarak etkileyen süreğen bir durumdur. Özellikle de 7-12 yaş dönemi, çocukların akademik beklentilerle, okul kurallarıyla, akran ilişkileriyle ve sosyal uyum süreçleriyle daha fazla karşı karşıya oldukları bir gelişim dönemidir. Bu nedenle bu yaş aralığında OSB veya DEHB tanılı çocuğa sahip annelerin çocuklarının bu dönemlerinde yalnızca bakım verme sorumluluğu değil, aynı zamanda çocuğun akademik, sosyal ve davranışsal alanlarda desteklenmesi gibi çok yönlü görevler üstlendikleri görülmektedir. Bu çoklu sorumluluk alanları annelerin ebeveynlik stresini artıran önemli faktörler arasında değerlendirilebilir.

Miranda ve arkadaşları 5-9 yaş aralığındaki çocuklara sahip aileler üzerinde yaptıkları çalışmada, OSB ve DEHB tanılı çocukların annelerinin tipik gelişim gösteren çocukların annelerine göre anlamlı düzeyde daha fazla ebeveynlik stresi yaşadıklarını belirtmiştir (Miranda vd., 2015). Çocukların 7-12 yaş gibi akademik ve sosyal uyum beklentilerinin yoğunlaştığı gelişim dönemlerinde, annelerin psikolojik iyi oluşlarının da bununla bağlantılı olarak etkilendiği görülmektedir. May ve Williams tarafından yapılan araştırmada, 12 yaşındaki çocukların annelerinde tanı gruplarına göre psikolojik sorun seviyelerinin daha fazla belirginleştiği ve özellikle komorbid durumların bu stresi daha da yükselttiği saptanmıştır (May & Williams, 2022).

Literatüre bakıldığında araştırmada elde edilen bulgular, özel gereksinimli çocuk sahibi annelerin yaşadığı ebeveynlik stresinin sosyal destek mekanizmaları ile negatif, yaşam doyumları ile ise pozitif bir ilişki içerisinde olduğunu ortaya koyan çalışmalarla paralellik göstermektedir (Esentürk & Yarımkaya, 2020).

Annelere yönelik sosyal desteğin, annelerin bakım verme yükünü hafifleterek psikolojik dayanıklılıklarını artırdığı ve yaşam kaliteleri ile ilgili koruyucu bir tampon işlevi gördüğü görülmektedir (Riany & Ihsana, 2021). Bir diğer yandan, katılımcıların büyük çoğunluğunun bakım verme dışındaki rollerini gerçekleştirmekte zorluk yaşadıkları ve bu süreçte kısıtlı bir sosyal destek ağına sahip olduğu ele alındığında annelere yönelik psikolojik danışmanlık ve destek ağlarının daha sistematik ve erişilebilir hale getirilmesinin önemi görülmektedir. Özellikle profesyonel müdahale programları, ebeveynlerin çocuklarının özel gereksinimlerine yönelik daha etkili başa çıkma stratejileri geliştirmelerine imkan tanıyarak yaşadıkları stresi anlamlı ölçüde azaltabildikleri görülmektedir (Tekinarslan & Tok, 2023; Tümkaya, 2025).

Aile içi rollere bakıldığında bu rollerin dengelenmesi ve babaların çocuklarının bakım sürecine daha aktif katılımının sağlanması, annelerin üzerindeki duygusal ve fiziksel yükü hafifleterek aile genelindeki yaşam doyumunu artıran önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, aile odaklı müdahale yaklaşımlarının babaları sürece daha fazla dahil eden bütüncül bir yapıya kavuşturulması ile birlikte aile içi etkileşimi de güçlendirerek annelerin yaşadığı yalnızlık ve tükenmişlik hislerinin azalmasına dolayısıyla ailenin genel psikolojik dayanıklılığının artmasına önemli bir katkı sağlayabilmektedir.

Araştırmanın ilk hipotezinde, OSB tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi düzeylerinin DEHB tanılı çocuğa sahip annelere göre daha yüksek olacağı öngörülmüştür. Elde edilen bulgular bu hipotezi desteklemektedir.

OSB tanılı çocuklar özelinde bakıldığında bu nörogelişimsel bozuklukta sosyal iletişim alanında yaşadığı güçlükler, sınırlı ve tekrarlayıcı davranış örüntüleri, rutinlere olan bağlılıkları ve günlük yaşam becerileri alanında daha yoğun desteğe ihtiyaç duymaları annelerin bakım yükünü artırabilmektedir. Bu durum özellikle okul başlangıcı ile birlikte, annelerin sadece çocuğun temel bakımını değil, aynı zamanda sosyal açıdan uyumunu, akademik sürecini, davranış düzenlemesini ve çevreyle etkileşimini de sürekli olarak takip ve kontrol etmelerini gerektirmektedir. Dolayısıyla OSB tanılı çocuğa sahip annelerde ebeveynlik stresinin daha yüksek olması, OSB tanısının doğasıyla ilişkili yoğun ve süreğen bakım ihtiyaçları ile

Buna karşılık, DEHB tanılı çocukların annelerinin ise dışsallaştırma sorunlarına bağlı davranış yönetimi güçlükleri yaşamalarına rağmen, OSB'nin getirdiği sosyal iletişim kısıtlılıkları ve yaşam boyu süren yoğun bakım yükü, annelerin yaşadığı psikolojik baskıyı daha da artırdığı görülmektedir (Çiftçi et al., 2023; Tüylüoğlu & Sezgin, 2024). Çalışmamızla paralel olarak literatürde OSB tanısı olan çocukların annelerinin, DEHB tanılı çocukların annelerine oranla daha düşük düzeyde sosyal destek algıladıkları ve çocuklarının duygusal, davranışsal ve uyku problemlerini daha yoğun bir şekilde yaşadıkları belirtilmektedir (Pardo-Salamanca vd., 2024). Bu doğrultuda, OSB tanılı çocukların bakımında sergilenen ebeveynlik becerilerinin, DEHB'li çocuklara kıyasla daha süreğen ve yoğun bir bakım sorumluluğu gerektirmesi, annelerin fiziksel ve psikolojik yorgunluk düzeylerini de bununla ilişkili olarak artırmaktadır (Demirören & Bingöl, 2022; İnan, 2024).

Alanyazında OSB'li çocukların ebeveynlerinin sıklıkla karşı karşıya kaldığı damgalanma ve sosyal izolasyon gibi çevresel baskı ve zorlanmaların, annelerin yaşadığı ebeveynlik stresini DEHB grubuna kıyasla daha yoğun bir şekilde artıran temel değişkenlerden biri olduğu saptanmıştır (Miranda et al.,

2015; Pardo-Salamanca vd., 2024). Araştırmalar, OSB'li çocukların bakımının gerektirdiği bu yoğun çaba ve bakım yükünün OSB annelerinin depresyon ve kaygı düzeylerini tetiklediğini fakat annelerin algıladıkları sosyal desteğin bu psikolojik etkileri azaltmada kritik bir rol oynadığını göstermektedir (Ünlü & Gökler, 2021; Yorulmaz vd., 2024).

Yine OSB annelerine yönelik yapılan bir çalışmada, OSB'li çocukların yaşadığı yetersizlikler ve davranış problemleriyle mücadele eden annelerin günlük yaşamda daha fazla zorlandığı ve bu durumun yaşam kalitelerini doğrudan olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Kılıç & Yıldız, 2023).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Otizm Spektrum Bozukluğu veya Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu tanısı olan çocukların annelerinin yaşadıkları stres ve sosyal destek algısındaki değişimlerin, çocukların tanılarına bağlı olarak tanının gerektirdiği gereksinimleri ve karşılaştıkları çevresel zorluklarla doğrudan bağlantılı olduğunu öne süren mevcut akademik görüşlerle uyumludur.

Araştırma sonucunda OSB tanılı çocuğa sahip annelerin ebeveynlik stresi düzeylerinin DEHB tanılı çocuğa sahip annelere göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca OSB tanılı çocuğa sahip annelerin algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu bulgular, OSB tanılı çocukların bakım süreçlerinin daha yoğun ve uzun süreli olması nedeniyle annelerin psikososyal açıdan daha fazla zorlandığını göstermektedir.

Araştırmada ebeveynlik stresi ile algılanan sosyal destek arasında negatif yönlü anlamlı ilişki bulunduğu görülmüştür. Buna göre annelerin ebeveynlik stres düzeyleri arttıkça algıladıkları sosyal destek düzeylerinin azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasında da negatif yönlü anlamlı ilişki saptanmıştır. Annelerin yaşadıkları ebeveynlik stresinin artmasının yaşam doyumlarını azalttığı görülmektedir. Ayrıca algılanan sosyal destek ile yaşam doyumu arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, sosyal desteğin annelerin psikolojik iyi oluşları açısından önemli bir koruyucu faktör olduğunu göstermektedir.

Araştırmada gerçekleştirilen aracılık analizi sonucunda algılanan sosyal desteğin ebeveynlik stresi ile yaşam doyumu arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü üstlendiği belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, annelerin yaşam doyumlarının yalnızca ebeveynlik stresinden değil, aynı zamanda sahip oldukları sosyal destek mekanizmalarından da önemli ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın sosyodemografik değişkenlere ilişkin bulguları değerlendirildiğinde, eğitim düzeyi düşük ve çalışmayan annelerin ebeveynlik streslerinin daha yüksek olduğu; buna karşın eğitim düzeyi yüksek ve çalışan annelerin algılanan sosyal destek ve yaşam doyumu düzeylerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, eğitim düzeyi ve çalışma yaşamına katılımın annelerin psikolojik dayanıklılığı üzerinde koruyucu bir rol üstlenebileceğini göstermektedir. Medeni durum açısından ise ebeveynlik stresi ve yaşam doyumu üzerinde anlamlı bir farklılık bulunmazken, evli annelerin aile ve özel bir insan desteği alt boyutlarında daha yüksek sosyal destek algısına sahip oldukları belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu araştırma, OSB ve DEHB tanılı çocuğa sahip annelerin psikososyal süreçlerinin birbirinden farklılaştığını ortaya koymaktadır. Özellikle OSB tanılı çocuğa sahip annelerin daha yüksek ebeveynlik stresi, daha düşük algılanan sosyal destek ve daha düşük yaşam doyumu bildirmeleri, bu grubun psikososyal açıdan daha yoğun desteğe ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bununla birlikte DEHB tanılı çocuğa sahip annelerin de önemli düzeyde psikolojik zorlanmalar yaşadığı görülmektedir. Bu nedenle özel gereksinimli çocuğa sahip annelere yönelik müdahale programlarının yalnızca çocuğun gelişimsel ihtiyaçlarına değil, annelerin psikolojik iyi oluşlarına da odaklanması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Kurt, Ö., Tokgöz, N. S., & FAZLIOĞLU, Y. (2023). Examining Perceived Social Support and Levels of Happiness in Mothers of Children with Autism Spectrum Disorder. International Education Studies, 16(4), 59–59. https://doi.org/10.5539/ies.v16n4p59

Miranda, A., Mira, Á., Berenguer, C., Miranda, B. R., & Baixauli, I. (2019). Parenting Stress in Mothers of Children With Autism Without Intellectual Disability. Mediation of Behavioral Problems and Coping Strategies. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00464

Mutlu, H., Kaçar, G. V., & Girli, A. (2021). Otizmli Çocuğu Olan Anne Babaların Yaşam Doyumu, Sosyal Destek ve Umut Düzeyleri. https://doi.org/10.53444/deubefd.870973

Pardo-Salamanca, A., Rosa-Martínez, E., Gómez, S., Santamarina-Siurana, C., & Berenguer, C. (2024). Parenting Stress in Autistic and ADHD Children: Implications of Social Support and Child Characteristics. https://doi.org/10.1007/s10803-024-06377-4

Riany, Y. E., & Ihsana, A. (2021). Parenting stress, social support, self-compassion, and parenting practices among mothers of children with ASD and ADHD. https://doi.org/10.21580/pjpp.v6i1.6681

Tekinarslan, F. G., & Tok, E. S. S. (2023). Engelli Çocuğu Olan Annelerde Öz-Şefkat, Sosyal Destek ve Psikolojik Dayanıklılığın Öznel İyi Oluşla İlişkisi. https://doi.org/10.31682/ayna.1145256

Tüylüoğlu, E. N., & Sezgin, E. (2024). Otizm Spektrum Bozukluğu Tanılı Çocuğu Olan Annelerin Mutluluk Korkusu ve Aile Bütünlüğü Duygusu ile Ebeveyn Yeterlilikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. https://dergipark.org.tr/tr/pub/aduefebder/issue/89104/1516109

Yıldırım, M., Dirik, G., & Yorulmaz, E. (2024). The role of life satisfaction, quiet ego and perceived social support in posttraumatic growth of mothers of Turkish children diagnosed with autism spectrum disorder. International Journal of Developmental Disabilities, 1–13. https://doi.org/10.1080/20473869.2024.2366064

Yorulmaz, E., Dirik, G., & Yıldırım, M. (2024). Otizm Spektrum Bozukluğu Tanısı Olan Çocukların Annelerinin Algıladıkları Sosyal Destek ve Psikolojik Sıkıntı Düzeylerinin İncelenmesi. https://doi.org/10.16953/deusosbil.1443858

İŞKUR GENÇLİK PROGRAMI KAPSAMINDA KISMİ SÜRELİ ÇALIŞAN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN MOTİVASYON, DENEYİM VE MEMNUNİYET ALGILARI: NİTEL BİR İNCELEME

Prof. Dr. Ebru AYKAN

Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3537-5235

Mürüvvet ERCAN

Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/ 0009-0000-3499-8081

ÖZET

Bu çalışma, İŞKUR Gençlik Programı kapsamında kısmi süreli çalışan üniversite öğrencilerinin motivasyon, deneyim ve memnuniyet algılarını nitel bir yaklaşımla incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, programa katılan 17 üniversite öğrencisiyle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelere dayanmaktadır. Elde edilen veriler, Braun ve Clarke (2006) tarafından geliştirilen tematik analiz yöntemi kullanılarak çözümlenmiş ve öğrencilerin programa ilişkin değerlendirmeleri belirli temalar çerçevesinde sistematik biçimde analiz edilmiştir.

Araştırma bulguları, öğrencilerin programa katılım motivasyonlarının büyük ölçüde maddi destek ihtiyacı, ekonomik bağımsızlık kazanma isteği ve iş deneyimi edinme arzusu etrafında şekillendiğini göstermektedir. Bununla birlikte, programın yalnızca ekonomik bir katkı mekanizması olarak değil; aynı zamanda öğrencilerin çalışma yaşamına ilişkin farkındalık kazandıkları, örgütsel süreçleri deneyimledikleri ve profesyonel becerilerini geliştirdikleri bir öğrenme alanı olarak değerlendirildiği görülmüştür. Katılımcılar, program sürecinin özellikle zaman yönetimi, sorumluluk alma, iletişim kurma, ekip çalışmasına uyum sağlama ve iş disiplini geliştirme gibi aktarılabilir becerilerin gelişimine katkı sunduğunu ifade etmişlerdir.

Öte yandan çalışma ortamının niteliği, yöneticilerle kurulan iletişimin destekleyici yapısı, görevlerin açıklığı ve çalışma saatlerinin esnekliği gibi unsurların öğrencilerin memnuniyet algıları üzerinde belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Katılımcılar bu programdan genel olarak yüksek düzeyde memnuniyet bildirmiştir. Bununla birlikte, birimler arasında iş yükünün eşit dağılmaması, bazı öğrencilerin görev tanımlarına ilişkin belirsizlik yaşaması ve adalet algısına yönelik değerlendirmeler, programın geliştirilmesi gereken yönleri arasında öne çıkmaktadır. Bu bağlamda çalışma, İŞKUR Gençlik Programı'nın üniversite öğrencilerinin hem ekonomik hem de mesleki gelişim süreçlerine önemli katkılar sunduğunu ortaya koyarken; programın sürdürülebilirliği ve etkinliğinin artırılması açısından uygulama süreçlerine yönelik yapısal iyileştirmelerin gerekliliğine de işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İŞKUR, üniversite öğrencileri, kısmi süreli çalışma, motivasyon, deneyim, memnuniyet, tematik analiz

MOTIVATION, EXPERIENCE, AND SATISFACTION PERCEPTIONS OF UNIVERSITY STUDENTS WORKING PART-TIME WITHIN THE SCOPE OF THE İŞKUR YOUTH PROGRAM: A QUALITATIVE STUDY

ABSTRACT

This study examines the motivation, experiences, and satisfaction perceptions of university students working part-time within the scope of the İŞKUR Youth Program through a qualitative approach. The research is based on semi-structured interviews conducted with 17 university students participating in the program. The obtained data were analyzed using the thematic analysis method developed by Braun

and Clarke (2006), and participants' evaluations regarding the program were systematically examined within specific themes.

The findings indicate that students' motivations for participating in the program were largely shaped by the need for financial support, the desire to gain economic independence, and the intention to acquire work experience. However, the program was not perceived merely as a mechanism of economic support; rather, it was also evaluated as a learning environment in which students gained awareness regarding working life, experienced organizational processes, and developed professional competencies. Participants stated that the program contributed particularly to the development of transferable skills such as time management, taking responsibility, communication, adaptation to teamwork, and work discipline.

Factors such as the quality of the working environment, the supportive nature of communication with supervisors, the clarity of assigned duties, and the flexibility of working hours were found to significantly influence students' satisfaction perceptions. Participants generally reported a high level of satisfaction with the program. Nevertheless, inequalities in workload distribution among units, ambiguities regarding job responsibilities experienced by some students, and concerns related to perceptions of fairness emerged as areas requiring improvement. In this respect, the study demonstrates that the İŞKUR Youth Program contributes significantly to both the economic and professional development of university students, while also highlighting the necessity of structural improvements in implementation processes to enhance the sustainability and effectiveness of the program.

Keywords: İŞKUR, university students, part-time employment, motivation, experience, satisfaction, thematic analysis.

GİRİŞ

Son yıllarda üniversite öğrencilerinin öğrenim süreçleriyle eşzamanlı olarak çalışma yaşamına katılımı giderek daha görünür hale gelmiştir. Bu eğilim, bir yandan artan ekonomik gereksinimlerle, diğer yandan işgücü piyasasında istihdam edilebilirliğe yönelik beklentilerin yükselmesiyle yakından ilişkilidir. Bu bağlamda kısmi süreli çalışma, öğrenciler için yalnızca gelir elde etme aracı değil; aynı zamanda iş disiplini kazanma, çalışma kültürünü yerinde tanıma ve mezuniyet öncesinde anlamlı bir deneyim biriktirme imkânı sunan önemli bir süreçtir.

Türkiye'de yükseköğretim kurumlarında kısmi zamanlı öğrenci çalıştırılmasına ilişkin uygulamalar, 2547 sayılı Kanun'un 46. maddesi ve İŞKUR Gençlik Programı çerçevesinde düzenlenmektedir. Bu düzenlemeler, öğrencilerin ders saatleri dışındaki zamanlarda çalışabilmelerine, haftalık çalışma sürelerinin belirlenmesine ve eğitim ile çalışma süreçlerinin birlikte yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Söz konusu uygulamaların temel amacı, öğrencilerin maddi katkı elde ederken aynı zamanda beceri geliştirmeleri ve çalışma disiplini kazanmalarıdır.

İŞKUR'un 2025 faaliyet raporunda da vurgulandığı üzere, gençlere yönelik bu tür programlar, öğrencilerin hem kampüs içinde hem de dışında iş yaşamına hazırlanmasına katkı sağlamakta ve mesleki deneyim kazanmalarına imkân tanımaktadır. 2025–2026 eğitim-öğretim yılı itibarıyla İŞKUR Gençlik Programı, öğrencilere haftada üç gün (toplam 22,5 saat) çalışma karşılığında hem iş deneyimi hem de gelir desteği sunmaktadır. Programa katılan öğrenciler, 2026 yılı için çalıştıkları her gün karşılığında belirli bir harçlık elde etmektedir.

Program kapsamında yürütülen faaliyetler oldukça geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Sürdürülebilir kampüs uygulamalarından altyapı ve bakım çalışmalarına, sosyal ve kültürel etkinliklerden akademik ve idari süreçlere, toplumsal hizmet projelerinden dijital dönüşüm ve girişimcilik faaliyetlerine kadar uzanan bu çeşitlilik, programın farklı ilgi ve yetkinliklere sahip öğrencilere hitap edebilme kapasitesini göstermektedir.

Bu noktada mevcut çalışma, İŞKUR Gençlik Programına katılan üniversite öğrencilerinin programı nasıl deneyimlediklerini ve bu deneyime nasıl anlam yüklediklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırma, özellikle şu sorulara odaklanmaktadır: Öğrenciler programa hangi motivasyonlarla

katılmaktadır? Program sürecindeki deneyimlerini nasıl değerlendirmektedirler? Memnuniyet algıları hangi unsurlar tarafından şekillenmektedir?

Bu sorulara verilecek yanıtların, insan kaynakları yönetimi literatürüne önemli katkılar sunması beklenmektedir. Özellikle öğrenci emeği, erken kariyer deneyimi ile motivasyon ve memnuniyet arasındaki ilişkinin katılımcı anlatıları üzerinden incelenmesi, hem akademik tartışmayı zenginleştirecek hem de programın uygulayıcıları için yol gösterici nitelikte bulgular sağlayacaktır. Bu çalışma, motivasyon–deneyim–memnuniyet ilişkisini doğrusal bir yapıdan ziyade etkileşimsel ve döngüsel bir süreç olarak ele alarak literatüre kavramsal bir katkı sunmaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu araştırma, İŞKUR Gençlik Programı kapsamında kısmi süreli çalışan üniversite öğrencilerinin motivasyonlarını, deneyimlerini ve memnuniyet algılarını bütüncül bir bakış açısıyla ele almaktadır. Çalışmada bu üç kavram birbirinden bağımsız değişkenler olarak değil; program sürecinin farklı aşamalarını temsil eden ve birbirini karşılıklı olarak etkileyen dinamik bileşenler olarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda öncelikle her bir kavramın kuramsal temelleri ortaya konulmuş, ardından aralarındaki etkileşimsel yapı araştırmanın bağlamına uyarlanmıştır.

Motivasyonun Kuramsal Temelleri

Motivasyon kavramı, bireylerin davranışlarını başlatan, yönlendiren ve sürdüren içsel ve dışsal süreçleri açıklayan temel bir kuramsal alanı ifade etmektedir. Bu alandaki en etkili yaklaşımlardan biri, Maslow'un (1943) geliştirdiği İhtiyaçlar Hiyerarşisi modelidir. Maslow, bireylerin davranışlarının yalnızca ekonomik gereksinimlerle değil, aynı zamanda sosyal aidiyet, saygınlık ve kendini gerçekleştirme gibi daha üst düzey ihtiyaçlarla da şekillendiğini ortaya koymuştur.

Bunu izleyen dönemde Herzberg (1966) tarafından geliştirilen Çift Faktör Kuramı, iş ortamındaki memnuniyet ve memnuniyetsizlik kaynaklarını birbirinden ayırarak motivasyon literatürüne önemli bir katkı sağlamıştır. Herzberg'e göre ücret ve çalışma koşulları gibi hijyen faktörleri memnuniyetsizliği önlerken; başarı, sorumluluk ve gelişim fırsatları gibi içsel unsurlar bireyin gerçek anlamda motive olmasını sağlamaktadır.

Motivasyonun bilişsel boyutunu açıklayan Vroom'un (1964) Beklenti Kuramı ise bireylerin çaba göstermelerinin, elde etmeyi bekledikleri sonuçların değerine ve bu sonuçlara ulaşma olasılığına ilişkin algılarına bağlı olduğunu ileri sürmektedir. Bu yaklaşım, motivasyonun yalnızca ihtiyaçlara değil, aynı zamanda bireysel beklenti ve değerlendirme süreçlerine dayandığını göstermektedir.

Bu kuramsal yaklaşımlar birlikte ele alındığında, kısmi süreli çalışan üniversite öğrencilerinin programa katılım motivasyonlarının tek boyutlu bir yapı sergilemediği anlaşılmaktadır. Öğrenciler açısından motivasyon; maddi gereksinimlerin karşılanması, akademik yaşamın sürdürülebilmesi, mesleki deneyim kazanımı ve kariyer hazırlığı gibi çok katmanlı unsurların etkileşimiyle şekillenmektedir. Bu nedenle motivasyon, bu çalışmada sabit bir değişken olarak değil, bağlama duyarlı ve çok boyutlu bir süreç olarak ele alınmıştır.

Deneyim ve Deneyimsel Öğrenme

Deneyim kavramı, özellikle öğrenme kuramları bağlamında, bireyin yaşantıları aracılığıyla bilgi üretme ve anlamlandırma sürecini ifade etmektedir. Dewey (1938), öğrenmenin doğrudan deneyimle ilişkili olduğunu vurgulayan öncü isimlerden biri olarak kabul edilirken; Kolb (1984) bu yaklaşımı sistematik bir modele dönüştürmüştür. Kolb'a göre deneyimsel öğrenme, bireyin yaşantıyı kavraması, yansıtması, soyutlaması ve yeniden uygulamasıyla ilerleyen döngüsel bir süreçtir.

Bu perspektiften bakıldığında, deneyim yalnızca gerçekleşen bir olay değil; bireyin bu olayı nasıl yorumladığı ve anlamlandırdığıyla şekillenen aktif bir öğrenme sürecidir. Kısmi süreli çalışma

bağlamında bu süreç, öğrencilerin üstlendikleri görevler, karşılaştıkları sorunlar ve geliştirdikleri çözüm yolları üzerinden somutlaşmaktadır.

Araştırma bulgularının da işaret ettiği üzere, program kapsamında edinilen deneyimler homojen değildir. Bazı öğrenciler rutin ofis işlerinde görev alırken, bazıları teknik ve uygulamaya dönük süreçlere dahil olmaktadır. Bu farklılaşma, öğrencilerin deneyimden elde ettiği öğrenme çıktılarının niteliğini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla deneyim, bu çalışmada yalnızca yapılan işin türüyle değil; bu işin öğrenci tarafından nasıl algılandığı ve dönüştürüldüğüyle birlikte ele alınmıştır.

Memnuniyet Algısı ve İş Tatmini

Memnuniyet algısı, literatürde büyük ölçüde iş tatmini kavramı üzerinden açıklanmaktadır. Locke (1976), iş tatminini bireyin iş deneyimlerini değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan olumlu bir duygusal durum olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, tatminin yalnızca nesnel koşullara değil, bireyin bu koşulları nasıl yorumladığına bağlı olduğunu göstermektedir.

Bu çerçevede, Hackman ve Oldham (1976) işin yapısal özelliklerinin (özerklik, geri bildirim, işin anlamlılığı) tatmin üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koyarken; Vroom (1964) bireylerin beklentilerinin karşılanma düzeyinin memnuniyet algısını şekillendirdiğini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada memnuniyet algısı, öğrencilerin programa yönelik genel değerlendirmelerinin ötesinde; çalışma ortamı, iletişim kalitesi, görev dağılımı, öğrenme fırsatları ve elde edilen kazanımlara ilişkin bilişsel ve duygusal değerlendirmelerini kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmıştır.

Literatürde de yarı zamanlı çalışma deneyimlerinin öğrenciler üzerindeki etkisinin doğrusal olmadığı; çalışma koşulları, işin niteliği ve bireysel anlamlandırma süreçlerinin bu etkiyi belirlediği ifade edilmektedir (Tessema, 2014; Sekiguchi, 2012). Bu durum, memnuniyetin yalnızca programın sunduğu imkanlarla değil, bu imkanların öğrenciler tarafından nasıl deneyimlendiğiyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Kavramsal Model: Döngüsel ve Etkileşimsel Süreç

Bu araştırmada motivasyon, deneyim ve memnuniyet algısı doğrusal bir neden-sonuç ilişkisi içinde değil; birbirini besleyen döngüsel bir yapı olarak kavramsallaştırılmıştır.

Başlangıçta öğrencinin programa katılım motivasyonu, süreci nasıl deneyimleyeceğini şekillendirmekte; deneyimin niteliği ise memnuniyet düzeyini belirlemektedir. Elde edilen memnuniyet ise öğrencinin gelecekte benzer deneyimlere yönelik tutumunu ve motivasyonunu yeniden biçimlendirmektedir.

Bu bağlamda araştırma, kısmi süreli çalışma deneyimini yalnızca geçici bir istihdam modeli olarak değil; erken kariyer gelişimini etkileyen dinamik bir öğrenme ve anlamlandırma süreci olarak ele almaktadır.

AMAÇ VE ARAŞTIRMA SORULARI

Amaç

Bu çalışmanın amacı, İŞKUR Gençlik Programı kapsamında kısmi süreli çalışan üniversite öğrencilerinin programa katılım motivasyonlarını, program sürecinde edindikleri deneyimleri ve programa ilişkin memnuniyet algılarını nitel bir yaklaşımla derinlemesine incelemektir.

Çalışma, öğrencilerin programa katılım nedenlerini yalnızca ekonomik gereksinimler çerçevesinde değil; kariyer hazırlığı, beceri gelişimi ve bireysel anlamlandırma süreçleri bağlamında ele almayı hedeflemektedir. Bununla birlikte, program sürecinde yaşanan deneyimlerin niteliği ile bu deneyimlerin akademik yaşam, mesleki yönelimler ve geleceğe ilişkin beklentiler üzerindeki etkileri bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir.

Bu yönüyle araştırma, kısmi süreli çalışma deneyiminin öğrenciler açısından nasıl anlamlandırıldığını ortaya koymayı ve bu deneyimin erken kariyer gelişimi üzerindeki rolünü açıklamayı amaçlamaktadır.

Araştırma Soruları

Bu amaç doğrultusunda araştırma aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

1. Üniversite öğrencileri kısmi süreli çalışma programına hangi motivasyonlarla katılmaktadır?
2. Öğrencilerin katılım motivasyonları içsel ve dışsal faktörler açısından nasıl şekillenmektedir?
3. Öğrenciler program sürecinde ne tür görevler üstlenmekte ve bu görevleri nasıl deneyimlemektedir?
4. Program kapsamında sunulan çalışma ortamı, destek mekanizmaları ve organizasyon yapısı öğrenciler tarafından nasıl değerlendirilmektedir?
5. Program süreci öğrencilerin ders–iş dengesi ve günlük yaşam düzenleri üzerinde nasıl bir etki yaratmaktadır?
6. Öğrenciler programdan ne ölçüde memnun kalmakta ve bu memnuniyeti belirleyen temel unsurlar nelerdir?
7. Program, öğrencilerin beceri gelişimi ve kariyer farkındalığı üzerinde nasıl bir etki yaratmaktadır?
8. Öğrencilerin programa ilişkin güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlere dair değerlendirmeleri nelerdir?

ARAŞTIRMANIN YÖNTEM

Araştırma Deseni

Bu araştırma, kısmi süreli çalışan üniversite öğrencilerinin İŞKUR Gençlik Programı kapsamındaki deneyimlerini ve bu deneyimlere yükledikleri anlamları derinlemesine incelemeyi amaçlayan nitel bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Nitel yaklaşım, bireylerin yaşantılarını ve anlamlandırma süreçlerini kendi bağlamı içinde ele alma imkânı sunduğundan, algı, deneyim ve memnuniyet gibi öznel olguların incelenmesinde özellikle uygun bir yöntemdir.

Araştırmada, katılımcıların belirli bir olguya ilişkin (İŞKUR programına katılım deneyimi) yaşantılarını ve bu yaşantıları nasıl anlamlandırdıklarını ortaya koymak amacıyla olgubilim (fenomenoloji) deseni benimsenmiştir. Bu desen, bireylerin ortak bir deneyime ilişkin algılarını ve bu deneyimin özünü açığa çıkarmaya odaklanmaktadır.

Veri analizinde ise, katılımcı ifadelerinden hareketle anlam örüntülerini sistematik biçimde ortaya koymaya olanak tanıyan tematik analiz yöntemi kullanılmıştır (Braun & Clarke, 2006). Analiz sürecinde tümevarımsal (veri odaklı) bir yaklaşım izlenmiş ve temalar doğrudan veri setinden türetilmiştir.

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, İŞKUR Gençlik Programı kapsamında kısmi süreli çalışan toplam 17 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcıların belirlenmesinde, araştırma amacına uygun bireylerin seçilmesini sağlayan amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme tercih edilmiştir.

Bu kapsamda katılımcıların,

İŞKUR Gençlik Programına aktif olarak katılmış olmaları, belirli bir süre program deneyimi yaşamış olmaları ve temel seçim ölçütleri olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların 10'u kadın, 7'si erkek olup; 14'ü lisans, 3'ü yüksek lisans düzeyinde öğrenim görmektedir. Katılımcıların bölüm dağılımında ağırlıklı olarak mühendislik alanları öne çıkmakta; uçak mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği, bilgisayar mühendisliği ve bitki koruma gibi farklı disiplinler temsil edilmektedir. Bu çeşitlilik, farklı çalışma deneyimlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine katkı sağlamıştır.

Veri toplama süreci, veri doygunluğu ilkesi doğrultusunda yürütülmüş; yeni görüşmelerden elde edilen verilerin mevcut temalara anlamlı bir katkı sunmadığı noktada veri toplama süreci sonlandırılmıştır.

Veri Toplama Aracı ve Süreci

Araştırma verileri, katılımcılarla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla elde edilmiştir. Görüşme formu, ilgili literatür ve araştırmanın kavramsal çerçevesi doğrultusunda geliştirilmiş ve toplamda on açık uçlu sorudan oluşturulmuştur.

Görüşme soruları; programa katılım motivasyonları, günlük iş deneyimleri, çalışma ortamı ve destek mekanizmaları, kazanılan beceriler, ders–iş dengesi, kariyer planlarına etkiler ve genel memnuniyet düzeyi gibi temaları kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır.

Görüşme formunun kapsam geçerliğini sağlamak amacıyla, taslak form iki alan uzmanının görüşüne sunulmuş ve alınan geri bildirimler doğrultusunda soruların anlaşılırlığı ve kapsayıcılığı geliştirilmiştir.

Veriler, 2025–2026 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde toplanmıştır. Görüşmeler katılımcıların tercihleri doğrultusunda yüz yüze veya çevrimiçi platformlar aracılığıyla gerçekleştirilmiş ve her bir görüşme ortalama 25–35 dakika sürmüştür. Katılımcıların izni alınarak görüşmeler ses kaydına alınmış ve ardından kelimesi kelimesine (verbatim) transkripsiyon yöntemiyle yazılı metinlere dönüştürülmüştür.

Veri Analizi

Araştırma verileri, Braun ve Clarke (2006) tarafından önerilen altı aşamalı tematik analiz süreci izlenerek çözümlenmiştir:

Veriye aşinalık kazanma: Transkripsiyonlar defalarca okunarak veri bütüncül biçimde değerlendirilmiştir.

İlk kodların oluşturulması: Anlamlı ifadeler belirlenmiş ve sistematik biçimde kodlanmıştır.

Temaların oluşturulması: Benzer kodlar bir araya getirilerek tematik kategoriler geliştirilmiştir.

Temaların gözden geçirilmesi: Temalar veri setiyle karşılaştırılarak tutarlılıkları kontrol edilmiştir.

Temaların tanımlanması ve adlandırılması: Her tema açık ve kavramsal olarak net biçimde tanımlanmıştır.

Raporlaştırma: Bulgular, katılımcı alıntılarıyla desteklenerek yapılandırılmıştır.

Kodlama sürecinde güvenirliği artırmak amacıyla, verilerin yaklaşık %30'u (5 katılımcıya ait veri) araştırmacılar tarafından bağımsız olarak kodlanmış ve kodlayıcılar arası uyum oranı %88 olarak hesaplanmıştır. Uyuşmazlık gösteren kodlar, araştırmacılar arasında tartışılarak ortak bir uzlaşıya varılmıştır.

Geçerlik, Güvenirlik ve Etik

Araştırmanın inandırıcılığını ve bilimsel niteliğini artırmak amacıyla nitel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan çeşitli stratejiler uygulanmıştır.

İnandırıcılık (credibility): Bulgular, katılımcı ifadeleriyle desteklenmiş ve yorumların veriye dayalı olması sağlanmıştır. Ayrıca üç katılımcıya analiz sonuçları iletilerek bulguların kendi deneyimlerini

yansıtıp yansıtmadığı sorulmuş (katılımcı teyidi) ve gerekli görülen noktalarda küçük revizyonlar yapılmıştır.

Aktarılabilirlik (transferability): Araştırma bağlamı, katılımcı özellikleri ve veri toplama süreci ayrıntılı biçimde sunularak okuyucunun bulguları kendi bağlamıyla karşılaştırabilmesine olanak tanınmıştır.

Tutarlılık (dependability): Veri analizi sürecinin tüm aşamaları sistematik biçimde belgelenmiş; kodlama ve tema geliştirme süreçleri şeffaf şekilde raporlanmıştır.

Teyit edilebilirlik (confirmability): Bulgular doğrudan veri setine dayandırılmış ve araştırmacı öznelliğini minimize etmek amacıyla analiz sürecine dış bir uzmanın katkısı sağlanmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen "kör kodlama" sonucunda elde edilen temaların tutarlı olduğu görülmüştür.

Araştırma sürecinde etik ilkelere titizlikle uyulmuş; katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuş ve veriler anonim hale getirilmiştir. Katılımcılardan gönüllü katılım onayı alınmış ve elde edilen veriler yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulguların Genel Çerçevesi

Yapılan tematik analiz sonucunda, katılımcıların motivasyon, deneyim ve memnuniyet algılarının beş temel tema etrafında şekillendiği görülmüştür:

(1) programa katılım motivasyonları,

(2) işin niteliği ve öğrenme deneyimi,

(3) çalışma ortamı ve zaman yönetimi,

(4) beceri gelişimi ve kariyer farkındalığı,

(5) memnuniyet ve beklenti karşılama düzeyi.

Bu temalar, araştırmanın kavramsal çerçevesiyle uyumlu biçimde, motivasyon–deneyim–memnuniyet ekseninde bütüncül bir yapı ortaya koymaktadır.

1. Programa Katılım Motivasyonları: Ekonomik Gereksinim ile Gelişim Arayışının Kesişimi

Katılımcı ifadeleri, programa katılım motivasyonlarının iki ana eksende yoğunlaştığını göstermektedir: ekonomik gereksinim ve deneyim kazanma isteği.

Ekonomik motivasyon, birçok katılımcı tarafından doğrudan ve açık biçimde dile getirilmiştir:

"Maddi olarak bana destek olmasını bekliyordum." (K3)

"Eğitim hayatımı daha rahat sürdürebilmek için katıldım." (K8)

Bununla birlikte, öğrencilerin programı yalnızca bir gelir kaynağı olarak değerlendirmedikleri; aynı zamanda iş yaşamını tanıma ve mesleki gelişim fırsatı olarak gördükleri dikkat çekmektedir:

"Mezun olmadan önce iş ortamını görmek istedim." (K5)

"İş disiplinini öğrenmek ve kendimi geliştirmek için katıldım." (K11)

Bu bulgu, yarı zamanlı çalışma motivasyonlarının tek boyutlu olmadığını; ekonomik gereksinim ile kariyer hazırlığına yönelik içsel motivasyonların birlikte işlediğini ortaya koymaktadır (Tessema, 2014; Sekiguchi, 2012). İnsan kaynakları perspektifinden değerlendirildiğinde, öğrencilerin bu programı yalnızca kısa vadeli bir gelir aracı olarak değil, aynı zamanda uzun vadeli kariyer yatırımı olarak konumlandırdığı söylenebilir.

2. İşin Niteliği ve Öğrenme Deneyimi: Heterojen ve Bağlama Duyarlı Bir Yapı

Katılımcıların deneyimleri, program kapsamında yürütülen işlerin homojen bir yapı sergilemediğini ortaya koymaktadır.

Bir grup öğrenci ağırlıklı olarak rutin ofis görevleri yürüttüğünü ifade etmiştir:

"Dosyaları düzenliyoruz, evrak kontrol ediyoruz." (K2)

Diğer bir grup ise daha teknik ve uygulamaya dönük süreçlerde yer aldığını belirtmiştir:

"Bütünleşik Kalite Yönetim Sistemi çalışmalarına katıldım." (K9)

"Laboratuvarda analiz yaptım ve derslere destek oldum." (K14)

Bu farklılaşma, programın deneyim boyutunun büyük ölçüde öğrencinin yerleştirildiği birim ve görev yapısına bağlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla program, bazı öğrenciler için temel ofis becerilerinin geliştirildiği bir öğrenme alanı iken, bazıları için alanla ilişkili yarı profesyonel deneyim fırsatı sunmaktadır.

Ancak bu çeşitlilik, beraberinde eşitsizlik algısını da getirmiştir:

"Herkes aynı ücreti alıyor ama yapılan işler çok farklı." (K12)

Bu bulgu, program deneyiminin yalnızca içerik açısından değil, adalet algısı açısından da farklılaştığını göstermektedir.

3. Çalışma Ortamı ve Zaman Yönetimi: Deneyimi Şekillendiren Kritik Bağlamsal Faktörler

Katılımcıların programı değerlendirmesinde, çalışma ortamı ve iletişim kalitesi belirleyici bir rol oynamaktadır.

Destekleyici bir örgütsel iklim, program deneyiminin olumlu algılanmasını güçlendirmektedir:

"Herkes çok yardımcıydı, bu da işi kolaylaştırdı." (K6)

"Hocaların yaklaşımı sayesinde kendimi değerli hissettim." (K15)

Zaman yönetimi açısından ise programın genel olarak öğrencilerin akademik yaşamıyla uyumlu olduğu görülmektedir:

"Programım daha düzenli hale geldi." (K7)

"Zamanımı daha planlı kullanmayı öğrendim." (K10)

Bununla birlikte, bazı katılımcılar rol çatışması ve yorgunluk gibi olumsuz deneyimlere de dikkat çekmiştir:

"Dersle işi aynı anda yürütmek bazen zor olabiliyor." (K6)

Bu bulgular, programın algılanan başarısının yalnızca sunulan fırsatlara değil, bu fırsatların nasıl organize edildiğine ve yönetildiğine bağlı olduğunu göstermektedir.

4. Beceri Gelişimi ve Kariyer Farkındalığı: Aktarılabilir Yetkinliklerin İnşası

Programın en belirgin çıktılarından biri, öğrencilerin çeşitli aktarılabilir beceriler geliştirdiklerini ifade etmeleridir.

Katılımcılar özellikle şu alanlarda gelişim yaşadıklarını vurgulamıştır:

"Sorumluluk almayı öğrendim." (K1)

"İletişim becerilerim ciddi şekilde gelişti." (K9)

Katılımcıların kariyer farkındalığı üç farklı eğilim göstermektedir:

(i) kariyer hedeflerini netleştirenler,

(ii) belirli bir alana yönelenler ve

(iii) etkisi sınırlı kalanlar.

“Ne yapmak istediğime daha net karar verebiliyorum.” (K11)

“Akademide ilerleme fikri oluştu.” (K14)

Bu durum, programın tüm öğrenciler için aynı düzeyde dönüşüm yaratmadığını, ancak önemli bir kısmı için mesleki farkındalık sürecini desteklediğini göstermektedir (Söylemez & Kaya, 2020).

5. Memnuniyet ve Beklenti Karşılama: Yüksek Ancak Koşullu Bir Memnuniyet

Katılımcıların büyük çoğunluğu programdan memnun olduklarını ifade etmiştir:

“Tekrar olsa yine katılırdım.” (K2)

“Kesinlikle tavsiye ederim.” (K8)

Beklentilerin karşılanma düzeyi de benzer şekilde yüksek görünmektedir.

Programın en değerli yönleri; maddi katkı, iş deneyimi, sosyal çevre edinimi, zaman yönetimi ve sorumluluk bilinci kazanımı olarak öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, bazı katılımcılar iş yükü dağılımı ve adalet algısına ilişkin eleştirilerde bulunmuştur:

“Kimisi çok çalışıyor, kimisi daha az ama ücret aynı.” (K13)

Bu bulgu, memnuniyetin yüksek olmakla birlikte mutlak olmadığını; uygulama koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA

Elde edilen bulgular, İŞKUR Gençlik Programının öğrenciler için çok katmanlı bir deneyim alanı sunduğunu göstermektedir.

İlk olarak, programın ekonomik gereksinim ile deneyim kazanma arzusunu aynı anda karşılayan hibrit bir yapı sergilediği görülmektedir. Bu durum, Herzberg’in çift faktör kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, programın hem hijyen hem de motive edici faktörleri aynı anda barındırdığını göstermektedir.

İkinci olarak, öğrencilerin programı değerlendirme biçiminde işin kendisinden çok, işin nasıl sunulduğunun belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Destekleyici yöneticiler, açık iletişim ve esnek çalışma koşulları, deneyimin niteliğini doğrudan etkilemektedir. Bu bulgu, iş tatmini literatüründe vurgulanan algısal değerlendirme yaklaşımıyla tutarlıdır (Locke, 1976).

Üçüncü olarak, programın öğrencilerin yalnızca ekonomik ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda aktarılabilir becerilerin gelişimine önemli katkılar sunduğu görülmektedir. Bu yönüyle program, erken kariyer gelişimini destekleyen bir insan sermayesi yatırım aracı olarak değerlendirilebilir.

Dördüncü olarak, teknik ve uygulamalı görevlerde yer alan öğrencilerin daha derin öğrenme deneyimleri yaşadığı bulgusu, Kolb’un deneyimsel öğrenme kuramı ile örtüşmektedir. Deneyimin niteliği arttıkça öğrenme çıktılarının da derinleştiği anlaşılmaktadır.

Son olarak, memnuniyet düzeyinin yüksek olmasına rağmen, iş yükü dağılımına ilişkin adalet algısının bazı durumlarda zayıfladığı görülmektedir. Bu durum, dağıtım adaleti kavramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, eşit ücret–eşit iş dengesinin sağlanmasının programın sürdürülebilirliği açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede İŞKUR Gençlik Programı, yalnızca geçici bir istihdam modeli değil; öğrencilerin mesleki gelişimini, iş yaşamına uyumunu ve istihdam edilebilirliğini destekleyen stratejik bir insan kaynakları uygulaması olarak değerlendirilmelidir.

SONUÇ

Bu araştırma, İŞKUR Gençlik Programına katılan üniversite öğrencilerinin motivasyonlarını, deneyimlerini ve memnuniyet algılarını nitel bir perspektifle derinlemesine incelemiştir. Elde edilen bulgular, programın öğrenciler tarafından genel olarak olumlu değerlendirildiğini ve yüksek düzeyde memnuniyet oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu memnuniyetin tek boyutlu olmadığı; deneyimin niteliği, çalışma koşulları ve bireysel beklentilerle yakından ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmanın bulguları, öncelikle öğrencilerin programa katılım motivasyonlarının iki temel eksen etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır: maddi gereksinim ve deneyim kazanma arzusu. Bu iki güdü çoğu katılımcı için birbirini dışlayan değil, aksine birbirini tamamlayan unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Maddi destek ihtiyacı çoğu zaman başlangıç motivasyonu olarak öne çıkarken, süreç içerisinde deneyim kazanma ve kendini geliştirme isteği belirginleşmektedir.

Araştırma ayrıca programın öğrenciler açısından önemli bir öğrenme ve gelişim alanı sunduğunu göstermektedir. Katılımcılar, süreç sonunda zaman yönetimi, iletişim becerileri, sorumluluk alma, çalışma disiplini ve ofis süreçlerine hâkimiyet gibi aktarılabilir yetkinlikler kazandıklarını ifade etmiştir. Teknik alanlarda görev alan öğrenciler için ise bu kazanımlar mesleki becerilerle daha da derinleşmektedir. Bu durum, programın yalnızca ekonomik katkı sağlayan bir yapı olmadığını; aynı zamanda insan sermayesini geliştiren bir mekanizma olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır.

Bulguların bir diğer önemli boyutu, memnuniyetin belirleyicilerine ilişkindir. Öğrencilerin programı olumlu değerlendirmesinde, çalışma ortamının destekleyici olması, iletişimin açık ve erişilebilir olması ve zamanlama esnekliği önemli rol oynamaktadır. Buna karşılık, birimler arası iş yükü farklılıkları ve adalet algısına ilişkin sorunlar, memnuniyeti sınırlayan temel faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Son olarak, programın öğrenciler üzerinde yalnızca kısa vadeli etkiler yaratmadığı; aynı zamanda kariyer farkındalığını artırarak mezuniyet sonrası iş yaşamına hazırlık sürecine katkı sağladığı görülmektedir. Bu yönüyle İŞKUR Gençlik Programı, geçici bir istihdam modeli olmanın ötesinde, erken kariyer gelişimini destekleyen stratejik bir araç olarak değerlendirilebilir.

ÖNERİLER

Araştırma bulguları doğrultusunda, programın etkililiğini artırmaya yönelik öneriler üç temel düzeyde ele alınabilir: program tasarımı, değerlendirme süreçleri ve kurumsal yaklaşım.

Program Tasarımına Yönelik Öneriler

Öncelikle, öğrencilerin üstlendiği görevlerin niteliğinin artırılması önem taşımaktadır. Programın yalnızca rutin ofis işleriyle sınırlı kalmaması; öğrencilerin bölümleri ve yetkinlikleriyle ilişkili görevlerle desteklenmesi, öğrenme çıktılarının derinliğini artıracaktır. Özellikle teknik alanlarda okuyan öğrencilerin laboratuvar, proje veya AR-GE süreçlerine dahil edilmesi, programın insan sermayesi geliştirme potansiyelini güçlendirebilir.

Bunun yanında, program süresince sunulan eğitim ve danışmanlık faaliyetlerinin daha sistematik bir yapıya kavuşturulması önerilmektedir. Başlangıç oryantasyonları, düzenli geri bildirim toplantıları ve dönem sonu değerlendirme oturumları, öğrencilerin deneyimlerini daha bilinçli biçimde yapılandırmalarına katkı sağlayacaktır.

Zaman yönetimi açısından ise mevcut esnek yapı korunmalı ve daha sistematik hale getirilmelidir. Özellikle sınav dönemlerinde çalışma saatlerinin yeniden düzenlenmesi veya alternatif çalışma modellerinin geliştirilmesi, öğrencilerin akademik performansını destekleyebilir.

Değerlendirme ve Belgelendirme Süreçlerine Yönelik Öneriler

Program sonunda öğrencilerin kazandıkları becerilerin görünür hale getirilmesi önemli bir ihtiyaç olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda, katılım ve deneyim belgeleri, birim amirleri tarafından hazırlanacak geri bildirim raporları ve modüler yetkinlik sertifikaları gibi araçların kullanılması önerilmektedir. Bu tür çıktılar, öğrencilerin mezuniyet sonrası iş başvurularında somut bir avantaj sağlayacaktır.

Kurumsal ve Yönetsel Öneriler

Programın başarısının sürdürülebilirliği açısından, öğrenci çalışanlara yönelik yaklaşımın geliştirilmesi gerekmektedir. Üniversitelerin ve ilgili birimlerin, öğrencileri yalnızca geçici işgücü olarak değil, geleceğin çalışan adayları olarak değerlendiren bir insan kaynakları perspektifi benimsemesi önemlidir. Bu kapsamda mentörlük uygulamaları, performans geri bildirimleri ve kariyer yönlendirme destekleri programın etkisini artırabilir.

Ayrıca programın düzenli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Dönem sonlarında uygulanacak anketler veya odak grup görüşmeleri aracılığıyla elde edilen geri bildirimler, programın sürekli iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

SINIRLILIKLAR

Bu araştırmanın bulguları bazı sınırlılıklar çerçevesinde değerlendirilmelidir. Öncelikle çalışma, 17 katılımcının deneyimlerine dayanmaktadır. Nitel araştırmalar için bu durum derinlikli veri sağlasa da, sonuçların genellenebilirliği sınırlıdır.

İkinci olarak, veriler tek bir üniversite bağlamında toplanmıştır. Farklı kurumsal ve bölgesel koşullar altında programın işleyişi ve öğrenci deneyimleri değişiklik gösterebilir.

Üçüncü olarak, veri toplama sürecinde yalnızca görüşme tekniği kullanılmıştır. Katılımcıların sosyal beğenirlik eğilimi nedeniyle programı daha olumlu değerlendirmiş olma ihtimali göz ardı edilmemelidir.

Son olarak, çalışmanın etik kurul onayı olmadan anonim veri üzerinden gerçekleştirilmiş olması, bazı akademik platformlar açısından sınırlılık oluşturabilir. Gelecek çalışmaların veri toplama öncesinde etik izin süreçlerini tamamlaması önerilmektedir.

GELECEK ARAŞTIRMALAR

Gelecek araştırmalar için birkaç önemli yönelim önerilebilir. Öncelikle farklı üniversitelerde gerçekleştirilecek karşılaştırmalı çalışmalar, programın farklı bağlamlardaki işleyişini ortaya koyabilir. Bunun yanında, nicel veya karma yöntem araştırmaları ile elde edilen bulguların daha geniş örneklemler üzerinde test edilmesi mümkün olabilir.

Ayrıca boylamsal çalışmalar, programın öğrencilerin uzun vadeli kariyer gelişimleri üzerindeki etkilerini incelemek açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Bununla birlikte, farklı öğrenci çalışma modellerinin (üniversite içi programlar, özel sektör stajları, gönüllülük programları) karşılaştırıldığı çalışmalar, bu tür uygulamaların göreli etkisini daha net ortaya koyabilir.

KAYNAKÇA

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Dewey, J. (1938). Experience and education. Macmillan Company.

Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1976). Motivation through the design of work: Test of a theory. Organizational Behavior and Human Performance, 16(2), 250–279. https://doi.org/10.1016/0030-5073(76)90016-7

Herzberg, F. (1966). Work and the nature of man. World Publishing Co.

Kılıçlı, Y., Çelik Kazıcı, H., & Kıpçak, E. (2024). Yükseköğretim kurumlarında çalışan performansı, hizmet kalitesi ve memnuniyet. Yükseköğretim Dergisi, 13(3), 435–449. https://doi.org/10.53478/yuksekogretim.1215019

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall.

Locke, E. A. (1976). The nature and causes of job satisfaction. In M. D. Dunnette (Ed.), Handbook of industrial and organizational psychology (pp. 1297–1349). Rand McNally.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. Psychological Review, 50(4), 370–396. https://doi.org/10.1037/h0054346

Özpehlivan, M. (2018). İş tatmini: Kavramsal gelişimi, bireysel ve örgütsel etkileri, yararları ve sonuçları. Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2(2), 43–70. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/633623

Peri Mutlu, A., & Mutlu, M. E. (2017). Öğrenme deneyimi tasarımı. Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 3(1), 39–76. https://dergipark.org.tr/tr/pub/auad/article/377379

Sekiguchi, T. (2012). Part-time work experience of university students and their career development. Japan Labor Review, 9(3), 5–29. https://www.jil.go.jp/english/JLR/documents/2012/JLR35_sekiguchi.pdf

Söylemez, Ş., & Kaya, Ş. D. (2020). Mesleki uygulama beklentilerinin kariyer motivasyonu üzerindeki etkisi: Sağlık yönetimi bölümü öğrencileri üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 11(28), 855–874. https://doi.org/10.21076/vizyoner.732674

Tessema, M. T. (2014). Does part-time job affect college students' satisfaction and academic performance (GPA)? The case of a mid-sized public university. International Journal of Business Administration, 5(2), 50–59. https://www.luminafoundation.org/wp-content/uploads/2022/05/does-part-time-job-affect-college-students-satisfaction.pdf

Türkiye İş Kurumu. (2025). 2025 yılı faaliyet raporu.

https://www.iskur.gov.tr/kurumsal/raporlar/kurumsal-raporlar/faaliyet-raporlari/2025-yili-faaliyet-raporu

Vroom, V. H. (1964). Work and motivation. Wiley.

Yeşil, A. (2016). Liderlik ve motivasyon teorilerine yönelik kavramsal bir inceleme. Uluslararası Akademik Yönetim Bilimleri Dergisi, 2(3), 158–180. https://dergipark.org.tr/tr/pub/yonbil/article/513236

GÖÇÜN BESLENMEYE OLAN ETKİSİ ÜZERİNE BİR DERLEME

Tannaz Behnoud

Yüksek Lisans Öğrencisi, Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Fitnat Şule Şakar

Dr. Öğr. Üyesi, Haliç Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bu derleme başlı başına sosyoekonomik ve kültürel bir olay olan ve insanlar-göçmenler üzerinde farklı büyüklükte olumlu ve olumsuz birçok etkisi olan göçün sadece beslenme durumu üzerindeki etkilerine göz atmak amaçıyla yazılmıştır. Göç, bireylerin yaşam düzeninde birçok değişikliği beraberinde getiren bir süreç olup, insanların sadece yaşadıkları çevreden farklı bir yere göç etmesi değildir. Göçmenlerin günlük yaşam alışkanlıklarını, sosyal ilişkilerini ve yaşam biçimlerini birçok farklı yönden etkileyebilmektedir. Bu değişimlerden önemli biri de beslenme alışkanlıklarında görülmekte, özellikle yeni bir çevreye uyum sağlama sürecinde bireylerin besin tercihleri, öğün düzenleri ve yemek tüketim alışkanlıkları farklılaşabilmekte ve bazen de bu farklılıklar göçmenlerin yeni beslenme tarzını oluşturabilmektedir. Bunun yanında ekonomik durum, çalışma koşulları, kültürel farklılıklar ve besine ulaşım gibi etkenler de beslenme davranışları üzerinde etkili olabilmektedir. Göç sonrasında bireyler bazen kendi beslenme alışkanlıklarını sürdürmeye devam ederken bazen de yaşadıkları toplumun yemek kültüründen etkilenebilmektedirler. Bu durum bazı bireylerde öğün düzensizliği, hazır gıda tüketiminde artış ve fiziksel aktivite düzeyinde azalma gibi değişikliklere de neden olabilmektedir. Ayrıca göç sürecinde yaşanan stres ve uyum problemleri de bireylerin beslenme tercihlerini etkileyebilmektedir. Günümüzde beslenme düzeninin uzun vadede sağlık üzerinde etkileri bilinmektedir. Bu nedenle Göçmenlerin beslenme durumunun tespit edilmesi ve muhtemel sağlık risklerinin araştırılması önemlidir. Göçün beslenme üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, bireylerin sağlık durumlarının korunması ve sağlıklı yaşam alışkanlıklarının desteklenmesi açısından önemli olup, bu konuda yapılacak çalışmaların, beslenme ile ilgili farkındalığın artırılması ve toplum sağlığının geliştirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: göç, beslenme, beslenme alışkanlıkları, sağlıklı yaşam, göçmen bireyler

A REVIEW ON THE EFFECTS OF MIGRATION ON NUTRITION

ABSTRACT

This review emphasizes that migration is an important process with socioeconomic and cultural dimensions and that individuals may experience different nutritional problems during this process. Changes in eating habits after migration may negatively affect nutritional status and quality of life. Therefore, understanding the effects of migration on nutrition is important.

Migration may affect individuals differently depending on socioeconomic status, cultural adaptation, and access to food. In this process, migrants may continue their own eating habits or be influenced by the food culture of the society they live in. This situation may cause changes such as irregular meal patterns, increased consumption of ready-made foods, and decreased physical activity.As a result, migration may affect individuals' nutrition and lifestyle habits. Therefore, supporting migrants in adapting to healthy nutrition and increasing studies on this subject are considered important.

Keywords: migration, nutrition, dietary habits, healthy lifestyle, immigrant individuals

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihiyle yaşıt olan göç, bugün dünya genelinde giderek yoğunlaşan ve birçok boyutu bir arada barındıran bir olgu olmayı sürdürmektedir. Temel düzeyde göç; ekonomik, toplumsal, siyasal veya güvenlikle ilgili gerekçelerle insanların bulundukları yerden başka bir bölge ya da ülkeye kısa veya uzun süreli olarak taşınmasını ifade eder (Dingle & Drake, 2007; Günay vd., 2017). Ancak bu hareket yalnızca yer değiştirmeden ibaret değildir; kişinin gündelik alışkanlıklarına, toplumsal bağlarına, çalışma düzenine ve yaşam biçimine kadar uzanan köklü etkiler doğurur (Sırım & Demir, 2020).

Bu dönüşümden payını alan başlıca alanlardan biri de beslenmedir. Yeni bir ortama uyum gösterme aşamasında bireylerin besin seçimleri, öğün düzenleri ve mutfaktaki alışkanlıkları farklılaşabilir; böylece geldikleri kültürün yemekleriyle yerleştikleri toplumun mutfağı zaman içinde harmanlanarak melez bir beslenme biçimine dönüşebilir (Satia, 2010; Holmboe-Ottesen & Wandel, 2012). Bu değişimin yönü her zaman olumlu olmamakta; çoğu kez işlenmiş ve hazır ürünlere yönelimin artması, beslenmedeki çeşitliliğin daralması ve hareketliliğin gerilemesi biçiminde ilerlemektedir. Bu eğilim de uzun vadede obezite, tip 2 diyabet ve kalp-damar hastalıkları başta olmak üzere kronik rahatsızlıkların görülme olasılığını yükseltmektedir (Popkin, 2006; Delavari vd., 2013; Goulão vd., 2015).

Bu çalışma, göç ile beslenmeyi önce birbirinden bağımsız biçimde tanımlamayı, ardından göçün beslenme davranışlarını hangi yollarla biçimlendirdiğini ve bunun sağlığa yansıyabilecek sonuçlarını güncel kaynaklardan yararlanarak bütünlüklü bir çerçevede değerlendirmeyi hedeflemektedir. Göçmen topluluklarının beslenme durumunun ortaya konması ve olası sağlık tehditlerinin erkenden fark edilmesi, gerek bireyin sağlığının korunması gerekse toplum sağlığının güçlendirilmesi açısından her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır (Shrivastava vd., 2014).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. GÖÇ: TANIM, TİPLER VE SONUÇLARI

Göç, mekânsal açıdan ele alındığında ülke sınırları içindeki yer değiştirmeyi anlatan iç göç ile başka bir ülkeye kalıcı olarak yerleşmeyi amaçlayan dış göç biçiminde ayrılır. İradeye dayalı sınıflandırmada ise daha nitelikli bir yaşam, eğitim veya ekonomik olanaklar uğruna istemli olarak yapılan gönüllü göçten; çatışma, afet, siyasal baskı ya da can güvenliği kaygısıyla zorunlu kalınan göçe uzanan bir ayrım söz konusudur. Ölçek bakımından ise tek bir kişinin taşınmasıyla sınırlı bireysel göç ile kalabalık grupların birlikte yer değiştirdiği kitlesel göç birbirinden ayrışır; kimi durumlarda göç, daha önce yerleşmiş göçmenlerin kurduğu sosyal ağlar üzerinden zincirleme biçimde ilerler (Karaman, 2015; Çakır, 2021; Şahin, 2015).

Göç, yalnızca insanların bir yerden bir yere taşınmasıyla açıklanamaz; aynı zamanda ekonomik ve toplumsal düzeni de yeniden biçimlendirir. Özellikle göç alan yerlerde yoğun nüfus hareketleri, iş gücü piyasasının dengelerini değiştirebilmekte ve kamusal hizmetlere yönelik talebi yükseltebilmektedir. Bu özelliğiyle göç; kentleşme, istihdam ve kalkınma süreçleriyle iç içe geçmiş bir olgudur (Sırım & Demir, 2020).

Göçün doğurduğu sonuçlar bireysel, toplumsal ve çevresel düzlemlerde kendini gösterir. Göç eden kişiler yeni yerleşim yerlerinde iş bulmakta zorlanabilir, düşük gelir ve barınma güçlükleriyle karşılaşabilir; göçün yöneldiği bölgelerde ise konut ihtiyacı, altyapı üzerindeki baskı ve nüfus yoğunluğu belirgin biçimde artar (Aker vd., 2002; Sırım & Demir, 2020). Bireyler alışık oldukları çevreden koparken aile yapılarında da değişimler yaşanır (Başel, 2010). Buna ek olarak kaygı, depresyon ve travma sonrası stres gibi ruhsal güçlüklerin ortaya çıkma riski yükselir; uyum dönemindeki bu gerilim, kişilerin besin tercihlerine dahi yansıyabilir (Aker vd., 2002; Ims vd., 2021). Çevresel açıdan bakıldığında ise büyük çaplı göç dalgaları tarım arazileri, doğal kaynaklar ve kamu hizmetleri üzerinde ek bir yük yaratır (Kavak, 2013; Güreşçi, 2016).

2.2. BESLENME: KAVRAM VE DEĞERLENDİRME

Beslenme; yaşamın devamlılığı, gelişim ve sağlığın sürdürülmesi için ihtiyaç duyulan besin ögelerinin yeterli ve dengeli alınmasını ve bunların vücutta işlenmesini içeren, birden çok katmana sahip bir süreçtir (Baysal, 2004; Behrman & Deolalikar, 1988). Yeterli ve dengeli beslenmeden kasıt, kişinin sağlığını sürdürebilmesi için gereken enerji ve besin ögelerinin doğru miktarda ve uyumlu bir dağılımla alınmasıdır. Bu anlayış dört temel sütun üzerinde yükselir: çeşitli besin gruplarının düzenli olarak tüketildiği çeşitlilik; protein, yağ ve karbonhidrat oranlarının uygunluğunu gözeten denge; porsiyonların kişinin gereksinimiyle örtüşmesini sağlayan ölçülülük; ve bu alışkanlığın uzun süre boyunca korunabilmesini ifade eden sürdürülebilirlik.

Besinlerin gereğinden az ya da fazla tüketilmesi sağlığı olumsuz yönde etkileyebilir. İşlenmiş gıdalara aşırı yönelim ve sağlıklı besin gruplarının yetersiz alınması, kısa vadede enerji dengesini bozarken uzun vadede kronik hastalık riskini besleyen bir zemin oluşturur. Buna karşılık çocukluk döneminde edinilen sağlıklı beslenme alışkanlıkları, ileriki yıllarda pek çok kronik rahatsızlığın önüne geçilmesine yardımcı olabilir (Spronk vd., 2014).

Beslenme durumunun belirlenmesinde birbirini destekleyen farklı yöntemlerden yararlanılır. Antropometrik değerlendirmede vücut ağırlığı, boy ve beden kitle indeksi yaş ile cinsiyete göre belirlenmiş referans değerlerle kıyaslanarak büyüme ve vücut kompozisyonu hakkında bilgi edinilir. Diyetin incelenmesinde beslenme geçmişi, son 24 saate ilişkin geriye dönük hatırlatma ve besin tüketim sıklığı anketleri aracılığıyla günlük enerji ve besin ögesi alımı saptanır; fiziksel aktivitenin kaydedilmesiyle de günlük enerji tüketimi ortaya konur. Biyokimyasal ölçümler ise kan ve idrar tahlilleri yoluyla mikro besin eksikliklerini ve metabolik durumu nesnel biçimde gösterir (Pekcan, 2008). Elde edilen verilerin referans aralıklarıyla karşılaştırılması, her bireye özgü beslenme önerilerinin oluşturulmasını mümkün kılar. Toplum ölçeğinde yapılan değerlendirmeler de riskli grupların belirlenmesinde ve uygulanan müdahalelerin başarısının izlenmesinde önemli bir halk sağlığı işlevi görür (Erçim & Pekcan, 2014; Shrivastava vd., 2014).

2.3. GÖÇLE DEĞİŞEN BESLENME TARZI: GELİŞİMİ VE TESPİTİ

Göç eden bireyler, kendi yemek geleneklerini yerleştikleri ülkenin mutfağıyla iç içe geçirir; böylelikle oluşan bu karma beslenme tarzı ekonomik, toplumsal ve kültürel etkenlerin bileşkesinde biçimlenir. Bu sürecin özünde diyet akültürasyonu bulunur: yeni ülkenin yemekleri adım adım kabul görürken geleneksel yiyeceklerin yeri giderek daralır (Satia, 2010; Gilbert & Khokhar, 2008). Sınırlı gelirin yarattığı ekonomik baskı, ucuz ve hazır gıdalara yönelmeyi beraberinde getirir; uzun çalışma saatleri öğün düzenini sekteye uğratarak dışarıda yeme sıklığını yükseltir. Aile, arkadaş çevresi ve reklamlar besin seçimlerini yönlendirirken, alışık olunan besinlere ulaşmanın güçleşmesi bireyleri market raflarındaki hazır seçeneklere mahkûm edebilir (Holmboe-Ottesen & Wandel, 2012). Nitekim Oslo'ya yerleşen Güney Asyalı göçmenlerde yapılan izlem çalışmaları, geleneksel besinlerin zamanla yerel ürünlerle yer değiştirdiğini göstermiştir (Wandel vd., 2008); ev sahibi toplumun yemek kültürüne ilişkin algılar da bu uyum sürecini biçimlendirmektedir (Garnweidner vd., 2012).

Bu yeni beslenme örüntüsünün saptanmasında, genel beslenme değerlendirmesinde başvurulan yöntemler göçmen gruplara göre uyarlanır: son 24 saatin geriye dönük hatırlatmasıyla önceki güne ait tüm tüketim kaydedilir; besin tüketim sıklığı anketi (FFQ) aracılığıyla belirli besinlerin haftalık tüketim sıklığı belirlenir; antropometrik ölçümlerle ağırlık, boy, beden kitle indeksi ve bel çevresi takip edilir. Bunların yanında akültürasyon ölçekleri, kişinin yeni kültüre ne ölçüde uyum sağladığını standartlaştırılmış sorularla ortaya koyarak beslenmedeki değişimi bu uyum derecesiyle ilişkilendirme imkânı verir (Satia, 2010).

3. TARTIŞMA: GÖÇÜN BESLENMEYE ETKİSİ

Göçün beslenmeye etkisi tek bir nedene bağlanamayacak ölçüde çok katmanlıdır ve ilgili literatürde genellikle üç ana eksen üzerinden incelenir. Bunlardan ilki kültürel süreklilik ile kopuş arasındaki gerilimdir: göç sonrasında kimi bireyler kendi beslenme alışkanlıklarını korurken, kimileri yaşadıkları

toplumun mutfağından etkilenir. Bu çift yönlü dinamik, çoğu kez geleneksel ile yerel ögeleri bir araya getiren melez bir beslenme tarzının doğmasıyla sonuçlanır (Cormoş, 2022). İkinci eksen yapısal koşullardır; gelir durumu, çalışma şartları, kültürel farklılıklar ve gıdaya erişim beslenme davranışlarını şekillendiren etkenlerdir. Bilhassa düşük gelir ve uzun mesai saatleri öğün düzenini bozarak hazır gıdaya yönelimi körükler. Üçüncüsü ise psikososyal boyuttur: göç esnasında yaşanan stres ve uyum güçlükleri besin seçimlerini doğrudan etkileyebilir; duygusal yeme ve düzensiz öğün alışkanlıkları belirgin hâle gelebilir (Ims vd., 2021).

Göçün ardından en çok dile getirilen davranış değişiklikleri birbirleriyle bağlantılıdır. Ekonomik baskı ve zaman darlığı işlenmiş ürünlere yönelimi artırırken, değişen iş ortamı ve şehir yaşamı günlük hareketliliği azaltabilir. Mesai saatleri ve sosyal destekten yoksunluk öğün düzenini sarsar; besin çeşitliliği ise kişiden kişiye değişerek bazılarında genişler, bazılarında ise gözle görülür biçimde daralır (Klink vd., 2024; Dominguez vd., 2024). Bu örüntülerin ne yönde ve ne şiddette seyredeceği; bireyin akültürasyon düzeyine, ekonomik konumuna ve göç ettiği toplumun gıda ortamına göre değişkenlik gösterir. Örneğin Güney Asyalı göçmenlerde akültürasyon düzeyi yükseldikçe beslenme örüntülerinin Batılı diyete kaydığı bildirilmiştir (Lesser vd., 2014); buna karşılık bazı gruplarda geleneksel diyetin korunması, diyetle ilişkili kronik hastalıkların görülme sıklığını sınırlayabilmektedir (Méjean vd., 2009). Afrikalı göçmenlerde yapılan çalışmalar da benzer biçimde, göç sonrası beslenme değişimlerinin sağlık üzerinde çift yönlü sonuçlar doğurabileceğine işaret etmektedir (Ngongalah vd., 2018).

Bu davranış değişikliklerinin sağlığa yansımaları zamanla daha görünür hâle gelir. Kısa vadede hazır gıda ve şekerli içecek tüketimindeki yükseliş, kilo alımı, bel çevresinde genişleme ve kan şekerindeki dalgalanmalar şeklinde kendini belli eder. Karbonhidrattan zengin, liften yoksun bir beslenme insülin direncini artırarak göçü izleyen 10–15 yıl içinde tip 2 diyabet görülme sıklığını yükseltir. Uzun vadede ise doymuş yağ ve sodyum alımındaki artışın, sebze-meyve ve lif tüketimindeki düşüşle birleşmesi hipertansiyon ile koroner kalp hastalığı riskini büyütür; bu risk göçmen gruplarda zamanla ev sahibi toplumun düzeyine kadar tırmanabilir (Popkin, 2006; Delavari vd., 2013; Goulão vd., 2015). Beslenmedeki çeşitliliğin azalması demir, D vitamini ve B12 gibi mikro besin ögelerinde eksikliklere kapı aralayabilir; diyet kalitesindeki bu gerileme, vücudun kardiyometabolik koruma kapasitesini zayıflatır (Morze vd., 2020). Üstelik göçmen ailelerin çocuklarında fazla kilonun yaygınlaşması, bu etkinin kuşaktan kuşağa aktarılabileceğine işaret eder.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, göçün beslenmeye etkisinin yalnızca tek bir açıdan değil; ekonomik, kültürel ve psikososyal boyutlarıyla bir bütün olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Göç, bireyin besin tercihlerini ve yaşam biçimini dönüştürmekte; göçmenler çoğunlukla kendi mutfaklarını sürdürmek ile yerleştikleri toplumun yemek kültürüne uyum sağlamak arasında melez bir beslenme tarzı benimsemektedir. Bu dönüşüm sıklıkla hazır ve işlenmiş gıdaya yönelimin artması, beslenme çeşitliliğinin ve fiziksel hareketliliğin gerilemesi biçiminde seyretmekte; uzun vadede obezite, tip 2 diyabet ve kalp-damar hastalıkları gibi kronik rahatsızlıkların riskini yükseltmektedir (Popkin, 2006; Satia, 2010; Delavari vd., 2013).

Bu çerçevede birkaç öneri öne çıkmaktadır. Öncelikle, göçmenlerin sağlıklı beslenmeye uyumunu kolaylaştırmak için kültürel duyarlılığı gözeten ve anadilde sunulan danışmanlık ile eğitim programlarının yaygınlaştırılması gerekir. İkinci olarak, taze sebze, meyve, baklagil ve tam tahıl gibi koruyucu nitelikteki besinlere erişimi artıran politikalar hayata geçirilmelidir; zira bu besinler kalp hastalığı ve diyabet riskini düşürmektedir. Üçüncü olarak, ağırlık, boy ve kan değerleri gibi göstergelerin düzenli olarak izlendiği takip programları sayesinde beslenme kaynaklı sorunların erkenden belirlenmesi sağlanmalıdır. Son olarak, göç ile beslenme arasındaki ilişkiyi farklı göçmen gruplarında ve uzun süreli izlemlerle inceleyen araştırmaların çoğaltılması, kanıta dayalı müdahalelerin tasarlanması bakımından büyük önem taşımaktadır (Berry, 2005; Burns, 2004).

KAYNAKÇA

Aker, T., Ayata, B., Özeren, M., Buran, B., & Bay, A. (2002). Zorunlu iç göç: Ruhsal ve toplumsal sonuçları. Anadolu Psikiyatri Dergisi, 3(2), 97–103.

Başel, H. (2010). İç göçün sonuçları ve işgücüne etkileri. Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi, 51, 287–321.

Baysal, A. (2004). Beslenme. Hatiboğlu Yayınevi.

Behrman, J. R., & Deolalikar, A. B. (1988). Health and nutrition. Handbook of Development Economics, 1, 631–711.

Berry, J. W. (2005). Acculturation: Living successfully in two cultures. International Journal of Intercultural Relations, 29(6), 697–712.

Burns, C. (2004). Effect of migration on food habits of Somali women living as refugees in Australia. Ecology of Food and Nutrition, 43(3), 213–229.

Cormoş, V. C. (2022). The processes of adaptation, assimilation and integration in the country of migration. Sustainability, 14(16), 10296.

Çakır, M. Y. (2021). Fatih Yaman, Göç ve Toplum. Ortadoğu ve Göç, 11(1), 161–165.

Delavari, M., Sønderlund, A. L., Swinburn, B., Mellor, D., & Renzaho, A. (2013). Acculturation and obesity among migrant populations in high-income countries — a systematic review. BMC Public Health, 13, 458.

Dingle, H., & Drake, V. A. (2007). What is migration? BioScience, 57(2), 113–121.

Dominguez, L. J., Veronese, N., & Barbagallo, M. (2024). Dietary patterns and healthy or unhealthy aging. Gerontology, 70(1), 15–36.

Erçim, R. E., & Pekcan, G. (2014). Genç yetişkinlerin beslenme durumunun sağlıklı yeme indeksi-2005 ile değerlendirilmesi. Beslenme ve Diyet Dergisi, 42(2), 91–98.

Garnweidner, L. M., Terragni, L., Pettersen, K. S., & Mosdøl, A. (2012). Perceptions of the host country's food culture among female immigrants from Africa and Asia. Journal of Nutrition Education and Behavior, 44(4), 335–342.

Gilbert, P. A., & Khokhar, S. (2008). Changing dietary habits of ethnic groups in Europe and implications for health. Nutrition Reviews, 66(4), 203–215.

Goulão, B., Santos, O., & do Carmo, I. (2015). The impact of migration on body weight: a review. Cadernos de Saúde Pública, 31(2), 229–245.

Günay, E., Atılgan, D., & Serin, E. (2017). Dünya'da ve Türkiye'de göç yönetimi. KSÜ İİBF Dergisi, 7(2), 37–60.

Güreşçi, E. (2016). Ortak ve farklı yönleriyle iç ve dış göçler. Journal of International Social Research, 9(43), 1402–1408.

Holmboe-Ottesen, G., & Wandel, M. (2012). Changes in dietary habits after migration and consequences for health: a focus on South Asians in Europe. Food & Nutrition Research, 56, 18891.

Ims, R., Lorås, L., Ness, O., & Finlay, L. (2021). Immigrants' experiences on integration while attempting to access the labour market. Social Sciences, 10(4), 121.

Karaman, Z. T. (2015). Türkiye'de göçün farklı tipleri ve yönetim stratejileri. Göç ve Uyum (s. 149–172). Transnational Press London.

Kavak, G. (2013). Birinci Körfez Savaşı sonrası Irak'tan Türkiye'ye göç ve sonuçları. II. Türkiye Lisansüstü Çalışmalar Kongresi, 435–444.

Klink, U., Härtling, V., & Schüz, B. (2024). Perspectives on healthy eating of adult populations. International Journal of Behavioral Medicine, 31(6), 923–943.

Lesser, I. A., Gasevic, D., & Lear, S. A. (2014). The association between acculturation and dietary patterns of South Asian immigrants. PLoS One, 9(2), e88495.

Méjean, C., Traissac, P., Eymard-Duvernay, S., Delpeuch, F., & Maire, B. (2009). Diet quality of North African migrants in France partly explains their lower prevalence of diet-related chronic conditions. Journal of Nutrition, 139(4), 760–767.

Morze, J., Danielewicz, A., Hoffmann, G., & Schwingshackl, L. (2020). Diet quality (HEI, AHEI, DASH) and health outcomes: a systematic review and meta-analysis. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 120(12), 1998–2031.

Ngongalah, L., Rankin, J., Rapley, T., Odeniyi, A., Akhter, Z., & Heslehurst, N. (2018). Dietary changes and their health implications in African migrants. Nutrition and Health, 24(3), 167–175.

Pekcan, G. (2008). Beslenme durumunun saptanması. Diyet El Kitabı, 726, 67–141.

Popkin, B. M. (2006). Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. American Journal of Clinical Nutrition, 84(2), 289–298.

Satia, J. A. (2010). Dietary acculturation and the nutrition transition: an overview. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 35(2), 219–223.

Shrivastava, S. R., Shrivastava, P. S., & Ramasamy, J. (2014). Assessment of nutritional status in the community and clinical settings. Journal of Medical Sciences, 34(5), 211–213.

Sırım, V., & Demir, H. (2020). Göçün nedenleri ve sosyoekonomik etkileri. Sosyal Bilimler Metinleri, 1, 79–89.

Spronk, I., Kullen, C., Burdon, C., & O'Connor, H. (2014). Relationship between nutrition knowledge and dietary intake. British Journal of Nutrition, 111(10), 1713–1726.

Şahin, İ. (2015). Ortadoğu kaynaklı zorunlu göçlerin sosyo-ekonomik etkileri: 1979–2014. Tesam Akademi Dergisi, 2(2), 167–195.

Wandel, M., Råberg, M., Kumar, B., & Holmboe-Ottesen, G. (2008). Changes in food habits after migration among South Asians settled in Oslo. Appetite, 50(2–3), 376–385.

KRONİK OBSTRÜKTİF AKCİĞER HASTALIĞINDA AEROBİK EGZERSİZ VE SOLUNUM EĞİTİMİNİN KLİNİK, FONKSİYONEL VE BİLİŞSEL ETKİLERİ

CLINICAL, FUNCTIONAL, AND COGNITIVE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE AND BREATHING TRAINING IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Fzt. Dürdane Şirinli

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bolu, Türkiye/ Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, ORCID: 0000-0002-4338-9461

Fzt. Aisha Muradova

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bolu, Türkiye/ Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, ORCID:0009-0006-3972-1982

Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bolu, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6994-9391

Prof. Dr. Meral SERTEL

Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7575-9762

Özet

Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığında (KOAH) Aerobik Egzersiz ve Solunum Eğitiminin Klinik, Fonksiyonel ve Bilişsel Etkileri başlıklı bu derlemede, KOAH rehabilitasyonunda egzersiz temelli yaklaşımların etkileri ele alınmıştır.

KOAH, yalnızca hava yolu obstrüksiyonu ile sınırlı olmayan; sistemik inflamasyon, kas-iskelet sistemi disfonksiyonu, kardiyovasküler bozulmalar ve nörokognitif etkilerle seyreden progresif bir hastalık olarak tanımlanmaktadır. Hastalık sürecinde gelişen egzersiz intoleransı; dinamik hiperinflasyon, periferik kas zayıflığı, ventilatuvar yetersizlik ve fiziksel inaktiviteye bağlı kondisyon kaybı gibi çok sayıda mekanizmanın etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu durum bireylerin fonksiyonel kapasitesini azaltmakta, dispne şiddetini artırmakta ve yaşam kalitesini belirgin şekilde düşürmektedir.

Çalışmada 2016–2026 yılları arasında yayımlanan randomize kontrollü çalışmalar, sistematik derlemeler ve meta-analizler incelenmiş; aerobik egzersiz, solunum egzersizleri, inspiratuar kas eğitimi ve davranış değişikliği temelli rehabilitasyon yaklaşımlarının etkileri değerlendirilmiştir. Literatür bulguları, düzenli aerobik egzersizin egzersiz toleransını artırdığını, dispne şiddetini azalttığını, periferik kas dayanıklılığını geliştirdiğini ve yaşam kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir. Özellikle egzersiz programlarına düzenli katılımın, 6 dakika yürüme testi performansı ve fonksiyonel kapasite üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmaktadır.

Aerobik egzersiz ile solunum eğitiminin kombine uygulanmasının, tek başına uygulanan programlara göre daha etkili sonuçlar sağladığı bildirilmiştir. Solunum egzersizleri ventilatuvar kontrolü optimize ederken, aerobik egzersiz periferik kasların oksidatif kapasitesini artırmakta ve kardiyovasküler kondisyonu geliştirmektedir. Özellikle diyafragmatik solunum ve pursed-lip breathing tekniklerinin ventilasyon verimliliğini artırdığı, hiperinflasyonu azalttığı ve dispne kontrolünü desteklediği belirtilmiştir. Ayrıca inspiratuar kas eğitiminin solunum kas gücünü artırarak ventilatuvar kapasiteyi geliştirdiği ve egzersiz performansına olumlu katkı sağladığı ifade edilmektedir.

Çalışmada dikkat çeken önemli bulgulardan biri de egzersiz eğitiminin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki etkileridir. Egzersiz uygulamalarının yürütücü fonksiyonlar, dikkat ve bilgi işleme hızı üzerinde olumlu

etkiler oluşturduğu; bu etkinin serebral kan akımındaki artış ve nöroplastisite mekanizmalarıyla ilişkili olabileceği belirtilmektedir. Böylece pulmoner rehabilitasyonun yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda nörokognitif iyilik halini de destekleyen bütüncül bir yaklaşım olduğu vurgulanmaktadır.

Sonuç olarak çalışma, KOAH yönetiminde multidisipliner, bireyselleştirilmiş ve kanıta dayalı rehabilitasyon programlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Aerobik egzersiz ve solunum eğitiminin kombine uygulanması; dispne kontrolü, egzersiz kapasitesi, ventilatuvar verimlilik, kas fonksiyonu, yaşam kalitesi ve bilişsel performans üzerinde anlamlı iyileşmeler sağlamaktadır. Bu nedenle egzersiz temelli pulmoner rehabilitasyon programlarının, KOAH tedavisinin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı;Aerobik Egzersiz; Solunum Eğitimi; Pulmoner Rehabilitasyon; Egzersiz Kapasitesi; Bilişsel Fonksiyonlar

Giriş

Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), ilerleyici hava yolu obstrüksiyonu ile karakterize, geri dönüşümsüz yapısal değişiklikler ve kronik inflamasyon ile seyreden önemli bir solunum sistemi hastalığıdır. Dünya genelinde mortalite ve morbiditenin önde gelen nedenlerinden biri olarak kabul edilen KOAH, özellikle yaşlanan nüfus, sigara kullanımı, hava kirliliği ve mesleki maruziyetler gibi risk faktörlerinin yaygınlığı nedeniyle giderek artan bir prevalans göstermektedir (O'Donnell et al., 2019; Jaitovich & Barreiro, 2018). Bu durum, hastalığın yalnızca bireysel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda sağlık sistemleri ve ekonomik yük açısından da önemli sonuçlar doğurduğunu göstermektedir.

KOAH'ın klinik seyri yalnızca hava yolu obstrüksiyonu ile sınırlı değildir. Güncel literatür, hastalığın sistemik bir doğaya sahip olduğunu ve kas-iskelet sistemi, kardiyovasküler sistem, metabolik süreçler ve nörokognitif fonksiyonlar üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Ding et al., 2025; Jaitovich & Barreiro, 2018).

Egzersiz intoleransı, KOAH'lı bireylerde yaşam kalitesini belirleyen en kritik parametrelerden biri olup, hastalığın ilerleyişi ile birlikte giderek artan bir fonksiyonel kısıtlılık yaratmaktadır. Bu durum; ventilatuvar sınırlamalar, dinamik hiperinflasyon, periferik kas zayıflığı ve kardiyovasküler deconditioning gibi çok sayıda patofizyolojik mekanizmanın etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır (O'Donnell et al., 2019; Jaitovich & Barreiro, 2018).

Son yıllarda egzersiz ve solunum eğitimi, KOAH tedavisinde farmakolojik yaklaşımların ötesine geçen, kanıta dayalı ve etkili rehabilitasyon yöntemleri olarak ön plana çıkmaktadır. Aerobik egzersiz, kas dayanıklılığını ve kardiyovasküler kapasiteyi artırırken; solunum egzersizleri ventilatuvar kontrolü optimize ederek dispne algısını azaltmaktadır. Bunun yanı sıra inspiratuar kas eğitimi, solunum kaslarının güçlendirilmesi yoluyla ventilasyon etkinliğini artırmaktadır (Wada et al., 2016; Yu et al., 2024; Huang et al., 2025).

Egzersiz temelli rehabilitasyon programlarının yalnızca fiziksel kapasiteyi değil, aynı zamanda psikolojik iyilik hali, sosyal katılım ve bilişsel fonksiyonları da olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar, egzersizin nöroplastisiteyi destekleyici etkileri sayesinde bilişsel performans üzerinde de iyileştirici rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır (Ding et al., 2025).

Bununla birlikte literatürde farklı egzersiz protokollerinin etkinliği konusunda heterojen bulgular bulunmaktadır. Egzersiz türü, yoğunluğu, süresi ve kombinasyonlarına ilişkin farklı yaklaşımlar, hangi protokolün daha etkili olduğu konusunda kesin bir görüş birliği oluşmasını engellemektedir. Ayrıca bireysel farklılıklar, komorbiditeler ve hasta uyumu gibi faktörler tedavi sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Jian et al., 2024; Huang et al., 2025).

Bu bağlamda, KOAH yönetiminde bireyselleştirilmiş, çok bileşenli ve multidisipliner yaklaşımların benimsenmesi gerektiği düşünülmektedir. Egzersiz ve solunum eğitiminin birlikte ve uygun şekilde planlanması, hastalığın çok boyutlu etkilerini hedef alarak daha kapsamlı bir iyileşme sağlayabilir. Bu çalışma, KOAH'ta egzersiz ve solunum eğitiminin klinik, fonksiyonel ve bilişsel etkilerini incelemek amacıyla planlandı

PATOFİZYOLOJİ

Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı'nda egzersiz intoleransı, yalnızca ventilatuvar sınırlamalarla açıklanamayan, çok boyutlu ve multifaktöriyel bir patofizyolojik sürecin sonucudur. Hastalığın temelinde yer alan kronik inflamasyon, hava yolu daralması ve alveoler yapıdaki destrüksiyon, gaz değişiminde bozulmaya yol açarak oksijenlenmenin azalmasına neden olmaktadır (O'Donnell et al., 2019; Jaitovich & Barreiro, 2018). Bu durum, özellikle egzersiz sırasında artan oksijen ihtiyacının karşılanamaması ile sonuçlanmakta ve dispne hissinin belirginleşmesine yol açmaktadır.

Ventilatuvar açıdan değerlendirildiğinde, KOAH'ta hava yolu rezistansının artması ve ekspiratuar akımın kısıtlanması dinamik hiperinflasyon gelişimine neden olmaktadır. Dinamik hiperinflasyon, inspiratuar kapasitenin azalmasına ve solunum kaslarının mekanik avantajının bozulmasına yol açarak egzersiz sırasında ventilatuvar yanıtı sınırlandırmaktadır (O'Donnell et al., 2019). Bu durum, solunum iş yükünü artırarak erken yorgunluğa ve egzersizin sonlandırılmasına neden olmaktadır.

Periferik kas sistemi düzeyinde ise önemli yapısal ve fonksiyonel değişiklikler gözlenmektedir. KOAH'lı bireylerde kas lif kompozisyonunda Tip I (oksidatif) liflerin azaldığı, Tip II (glikolitik) liflerin ise arttığı bildirilmiştir. Bu değişim, kas dayanıklılığının azalmasına ve erken laktat birikimine yol açarak egzersiz kapasitesini sınırlamaktadır. Ayrıca kapiller yoğunlukta azalma ve mitokondriyal disfonksiyon, oksidatif metabolizmanın etkinliğini azaltarak enerji üretimini olumsuz etkilemektedir (Jaitovich & Barreiro, 2018; Liu et al., 2025).

Sistemik inflamasyon, kas katabolizmasını artırarak kas kütlesinde azalmaya ve sarkopeniye katkıda bulunmaktadır. TNF-alfa, IL-6 ve diğer proinflamatuar sitokinlerin artışı, kas protein yıkımını hızlandırmakta ve kas fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum yalnızca periferik kasları değil, aynı zamanda solunum kaslarını da etkileyerek ventilatuvar kapasitenin daha da azalmasına neden olmaktadır (Jaitovich & Barreiro, 2018).

Solunum kasları açısından değerlendirildiğinde, diyafram ve aksesuar solunum kaslarında güçsüzlük ve dayanıklılık kaybı gözlenmektedir. Diyaframın düzleşmesi ve mekanik etkinliğinin azalması, solunumun daha yüzeyel ve hızlı hale gelmesine yol açmakta, bu da ventilatuvar verimliliği düşürmektedir. Sonuç olarak, solunum kaslarının artan iş yükü dispne hissinin şiddetlenmesine katkıda bulunmaktadır (Yu et al., 2024).

Kardiyovasküler sistem de KOAH patofizyolojisinde önemli bir rol oynamaktadır. Egzersiz sırasında oksijen taşınması ve kullanımı arasındaki dengenin bozulması, periferik dokuların yeterli oksijenlenememesine yol açmaktadır. Ayrıca fiziksel inaktiviteye bağlı olarak kardiyovasküler kondisyonun azalması, egzersiz kapasitesini daha da sınırlayan bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Liu et al., 2025; Zeng, 2023).

KOAH'ın nörokognitif etkileri de giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Kronik hipoksi ve sistemik inflamasyon; serebral kan akımında azalma ve nörotransmitter dengesizlikleri ile ilişkilendirilmekte, bu durum dikkat, hafıza ve yürütücü fonksiyonlarda bozulmalara yol açabilmektedir (Ding et al., 2025).

Bunun yanı sıra fiziksel inaktivite ile karakterize sedanter yaşam tarzı, kas disfonksiyonu ve kardiyovasküler deconditioning sürecini hızlandırarak bir kısır döngü oluşturmaktadır. Egzersiz kapasitesindeki azalma fiziksel aktivitenin daha da kısıtlanmasına neden olmakta; bu durum ise kas zayıflığını ve fonksiyonel kaybı derinleştirmektedir (Jaitovich & Barreiro, 2018; Liu et al., 2025).

Sonuç olarak, KOAH'ta egzersiz intoleransı ventilatuvar, kas-iskelet, kardiyovasküler ve nörokognitif sistemlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan kompleks bir durumdur. Bu çok boyutlu patofizyolojik yapı, egzersiz ve solunum eğitiminin yalnızca semptomatik bir müdahale değil, aynı zamanda hastalığın temel mekanizmalarını hedefleyen bir tedavi yaklaşımı olduğunu göstermektedir.

YÖNTEM

Bu çalışma, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı'nda (KOAH) aerobik egzersiz ve solunum eğitiminin klinik, fonksiyonel ve bilişsel etkilerini değerlendirmek amacıyla sistematik literatür taraması olarak

planlanmıştır. Literatür taraması PubMed, Web of Science ve Google Scholar veri tabanları kullanılarak gerçekleştirildi.

Tarama sürecinde “COPD”, “chronic obstructive pulmonary disease”, “aerobic exercise”, “exercise training”, “breathing exercises”, “respiratory training”, “inspiratory muscle training” ve “pulmonary rehabilitation” anahtar kelimeleri tek başına ve kombinasyonlar halinde kullanılmıştır. Çalışmaların seçimi sırasında özellikle 2016–2026 yılları arasında yayımlanan güncel araştırmalar değerlendirmeye alındı.

BULGULAR

Kronik obstrüktif akciğer hastalarında aerobik egzersiz eğitiminin klinik etkilerini inceleyen çalışmalar, düzenli aerobik egzersizin egzersiz toleransını artırdığını, dispne şiddetini azalttığını ve fonksiyonel kapasiteyi anlamlı düzeyde iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Zeng, 2023;). Özellikle egzersiz programına düzenli katılımın, 6 dakika yürüme testi performansı ve yaşam kalitesi skorları üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmıştır. Egzersiz süresinin uzamasıyla birlikte elde edilen kazanımların daha belirgin hale geldiği ve bu durumun rehabilitasyon programlarının sürekliliğinin önemini ortaya koyduğu belirtilmiştir.

Farklı egzersiz türlerinin etkilerini karşılaştıran ağ meta-analizi, aerobik egzersiz, direnç egzersizi ve kombine egzersiz programlarının KOAH üzerindeki etkilerini sistematik olarak değerlendirmiştir (Jian et al., 2024). Bulgular, kombine egzersiz programlarının hem pulmoner hem de periferik kas fonksiyonları üzerinde daha geniş kapsamlı faydalar sağladığını göstermiştir. Bununla birlikte belirli bir egzersiz türünün tüm hasta grupları için üstün olmadığı ve tedavi etkinliğinin bireysel faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir.

Aerobik egzersiz ile solunum eğitiminin birlikte uygulandığı meta-analiz çalışmasında, bu kombinasyonun ventilatuvar kapasiteyi artırdığı, oksijen kullanımını optimize ettiği ve dispne şiddetini anlamlı düzeyde azalttığı bildirilmiştir (Huang et al., 2025). Ayrıca bu yaklaşımın özellikle stabil KOAH hastalarında egzersiz performansı üzerinde daha belirgin etkiler oluşturduğu ve ventilatuvar verimlilikte önemli iyileşmeler sağladığı vurgulanmıştır.

Egzersiz eğitiminin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki etkilerini inceleyen sistematik derleme ve meta-analiz, egzersizin yalnızca fiziksel değil aynı zamanda nörokognitif düzeyde de olumlu etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur (Ding et al., 2025). Özellikle yürütücü fonksiyonlar, dikkat ve bilgi işleme hızı gibi bilişsel alanlarda iyileşmeler gözlenmiştir. Bu durum, egzersizin serebral kan akımını artırması ve nöroplastisiteyi desteklemesi ile açıklanmaktadır.

Fonksiyonel egzersizlerin klasik egzersiz programları ile kombinasyonunu inceleyen randomize kontrollü çalışmada, bu yaklaşımın günlük yaşam aktivitelerinde performansı artırdığı ve fonksiyonel bağımsızlığı desteklediği belirlenmiştir . Özellikle yaşlı hastalarda bu tür egzersizlerin yaşam kalitesi üzerindeki etkilerinin daha belirgin olduğu bildirilmiştir.

Yüksek yoğunluklu inspiratuar kas eğitimi ile aerobik egzersizin birlikte uygulandığı çalışmada, solunum kas gücünde anlamlı artış, ventilatuvar kapasitede iyileşme ve kardiyovasküler parametrelerde olumlu değişiklikler gözlenmiştir (Yu et al., 2024). Bu bulgular, solunum kaslarının güçlendirilmesinin yalnızca ventilasyon değil, aynı zamanda sistemik fizyolojik süreçler üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir.

Egzersiz eğitiminin KOAH üzerindeki genel etkilerini inceleyen çalışmalar, egzersizin dispne kontrolü, kas fonksiyonu ve yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkiler sağladığını ortaya koymuştur (Liu et al., 2025; Zeng, 2023;). Bununla birlikte egzersiz yoğunluğu ve süresinin klinik sonuçlar üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmıştır.

Egzersiz protokollerinin raporlanma kalitesini inceleyen sistematik derleme, literatürde metodolojik heterojenlik bulunduğunu ve egzersiz programlarının standart şekilde tanımlanmamasının önemli bir sınırlılık oluşturduğunu ortaya koymuştur . Davranış değişikliği tekniklerini inceleyen çalışmalar ise

motivasyonel stratejilerin ve bireyselleştirilmiş hedef belirleme yaklaşımlarının egzersiz uyumunu artırdığını ve uzun dönem klinik sonuçları iyileştirdiğini göstermiştir (Basso et al., 2025).

Solunum egzersizlerinin etkilerini inceleyen ağ meta-analizi, farklı solunum tekniklerinin ventilasyon, dispne kontrolü ve egzersiz kapasitesi üzerinde farklı düzeylerde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Cai et al., 2024). Özellikle diyafragmatik solunum ve pursed-lip breathing tekniklerinin daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Solunum egzersizleri ile inhaler eğitimin birlikte uygulandığı randomize kontrollü çalışmada dispne şiddetinde azalma ve yaşam kalitesinde artış gözlenmiştir (Ceyhan & Tekinsoy Kartin, 2022). Bu durum, eğitim ve egzersizin birlikte uygulanmasının önemini ortaya koymaktadır.

Solunum egzersizleri ile germe egzersizlerinin kombinasyonunu inceleyen çalışmada egzersiz kapasitesinde artış ve oksijen satürasyonunda iyileşme gözlenmiştir (Zare et al., 2025). Bu yaklaşımın solunum mekaniğini iyileştirdiği belirtilmiştir.

Pursed-lip breathing egzersizinin akut etkilerini inceleyen çalışmalar, bu tekniğin hiperinflasyonu azalttığını ve egzersiz toleransını artırdığını göstermiştir (Mayer et al., 2021). Diyafragmatik solunum eğitimi üzerine yapılan randomize kontrollü çalışmada ise abdominal hareketin arttığı, dispnenin azaldığı ve fonksiyonel kapasitenin iyileştiği bildirilmiştir (Lu et al., 2020).

Ev temelli solunum egzersizlerini inceleyen çalışmalar, bu yaklaşımın özellikle erişilebilirlik açısından avantaj sağladığını ve pulmoner fonksiyonlar üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermiştir (Lu et al., 2020).

Aerobik egzersiz ile solunum kas germe egzersizlerinin kombinasyonu egzersiz kapasitesinde belirgin artış sağlamıştır (Wada et al., 2016). Ayrıca pulmoner rehabilitasyon sırasında kontrollü solunum tekniklerinin uygulanmasının tedavi etkinliğini artırdığı ve solunum kontrolünü iyileştirdiği bildirilmiştir.

TARTIŞMA

Bu literatür taraması kapsamında elde edilen bulgular, KOAH'ta egzersiz ve solunum eğitiminin yalnızca semptomatik iyileşme sağlayan müdahaleler olmadığını, aynı zamanda hastalığın temel patofizyolojik süreçlerini modüle eden çok boyutlu yaklaşımlar olduğunu ortaya koymaktadır. Egzersiz temelli müdahalelerin periferik kas fonksiyonunu iyileştirdiği, oksidatif kapasiteyi artırdığı ve kas lif kompozisyonunu daha dayanıklı bir yapıya doğru değiştirdiği bilinmektedir (Jaitovich & Barreiro, 2018; Liu et al., 2025; Zeng, 2023). Bu adaptasyonlar, egzersiz sırasında oluşan metabolik stresin azalmasına ve yorgunluğun gecikmesine katkıda bulunmaktadır.

Aerobik egzersiz ve solunum egzersizlerinin birlikte uygulanmasının daha etkili sonuçlar vermesi, bu iki yaklaşımın birbirini tamamlayıcı etkileri ile açıklanabilir. Aerobik egzersiz periferik kas dayanıklılığını artırırken, solunum egzersizleri ventilatuvar kontrolü optimize ederek dispne algısını azaltmaktadır (Cai et al., 2024; Huang et al., 2025). Bu sinerjik etki, kombine rehabilitasyon programlarının klinik açıdan neden daha üstün olduğunu açıklamaktadır.

Bununla birlikte literatürde farklı egzersiz protokolleri arasında belirgin bir üstünlük bulunmaması dikkat çekicidir. Bu durum, tedavi etkinliğinin yalnızca müdahale türüne değil; bireysel hasta özelliklerine, hastalığın evresine, komorbiditelere ve hasta uyumuna bağlı olduğunu göstermektedir (Jian et al., 2024; Zeng, 2023).

Egzersiz eğitiminin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki etkileri, KOAH'ın nörokognitif boyutuna dikkat çekmektedir. Kronik hipoksi ve sistemik inflamasyonun neden olduğu bilişsel gerilemenin egzersiz yoluyla kısmen geri döndürülebilmesi, rehabilitasyonun kapsamını genişletmektedir (Ding et al., 2025).

Davranış değişikliği tekniklerinin egzersiz programlarına entegrasyonu, hasta uyumunu artırarak tedavi etkinliğini güçlendirmektedir. Özellikle motivasyonel destek, geri bildirim ve hedef belirleme stratejileri uzun dönem egzersiz devamlılığını sağlamada kritik rol oynamaktadır (Basso et al., 2025).

Bununla birlikte mevcut literatürde önemli sınırlılıklar bulunmaktadır. Çalışmaların büyük bir kısmında metodolojik heterojenlik, küçük örneklem büyüklükleri ve kısa takip süreleri dikkat çekmektedir. Ayrıca egzersiz protokollerinin standartlaştırılmamış olması çalışmalar arası karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır . Bu durum, gelecekte yapılacak araştırmaların daha büyük örnekle qrupları ile, uzun dönem takip içeren ve standartlaştırılmış protokollerle yürütülmesi gerektiğini göstermektedir.

Ayrıca bireyselleştirilmiş egzersiz reçetelerinin geliştirilmesi ve teknolojik destekli rehabilitasyon yaklaşımlarının kullanılması, KOAH yönetiminde önemli bir gelişim alanı olarak değerlendirilmektedir. Özellikle ev temelli rehabilitasyon programlarının erişilebilirlik açısından avantaj sağlaması, gelecekte hibrit rehabilitasyon modellerinin önem kazanabileceğini düşündürmektedir (Lu et al., 2020).

Sonuç olarak, KOAH'ta egzersiz ve solunum eğitimi multidisipliner bir yaklaşım içinde ele alınmalı ve biyopsikososyal model doğrultusunda uygulanmalıdır. Kombine rehabilitasyon programlarının yalnızca fiziksel kapasiteyi değil, aynı zamanda bilişsel ve psikososyal iyilik halini de desteklediği görülmektedir. Bu nedenle gelecekteki rehabilitasyon stratejilerinin hasta merkezli, bireyselleştirilmiş ve sürdürülebilir yaklaşımlar doğrultusunda planlanması önem taşımaktadır.

SONUÇ

Bu literatür taraması kapsamında elde edilen bulgular, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı'nın yalnızca pulmoner bir hastalık olmadığı, aynı zamanda sistemik etkilerle seyreden kompleks ve multifaktöriyel bir klinik tablo olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda hastalığın yönetiminde tek boyutlu yaklaşımların yetersiz kalacağı ve çok bileşenli tedavi stratejilerinin gerekliliği anlaşılmaktadır.

Egzersiz ve solunum eğitimi, KOAH yönetiminde temel rehabilitasyon bileşenleri olarak öne çıkmakta olup yalnızca semptomatik iyileşme sağlamakla kalmayıp aynı zamanda hastalığın patofizyolojik süreçleri üzerinde de düzenleyici etkiler göstermektedir (Cai et al., 2024; Huang et al., 2025; Liu et al., 2025). Aerobik egzersiz periferik kas fonksiyonunu ve kardiyovasküler kapasiteyi artırırken; solunum egzersizleri ventilatuvar kontrolü optimize ederek dispne algısını azaltmaktadır. Bu iki yaklaşımın kombine uygulanması, klinik ve fonksiyonel sonuçlar açısından daha belirgin ve sürdürülebilir iyileşmeler sağlamaktadır.

Bununla birlikte literatürde farklı egzersiz protokolleri arasında belirgin bir üstünlük bulunmaması, tedavi etkinliğinin yalnızca uygulanan yönteme bağlı olmadığını; bireysel hasta özellikleri, hastalığın evresi, eşlik eden komorbiditeler ve tedaviye uyum gibi faktörlerin belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Jian et al., 2024; Zeng, 2023). Bu durum, KOAH rehabilitasyonunda bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının önemini vurgulamaktadır.

Egzersiz eğitiminin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki olumlu etkileri, KOAH'ın nörokognitif boyutunun klinik açıdan göz ardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kronik hipoksi ve sistemik inflamasyonun neden olduğu bilişsel gerilemenin egzersiz yoluyla modüle edilebilmesi, rehabilitasyon programlarının kapsamının genişletilmesi gerektiğini düşündürmektedir (Ding et al., 2025).

Ayrıca davranış değişikliği tekniklerinin egzersiz programlarına entegre edilmesi, hasta uyumunu artırarak uzun dönem tedavi başarısını destekleyen önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Basso et al., 2025). Bu bağlamda biyopsikososyal model doğrultusunda planlanan rehabilitasyon programlarının daha etkili sonuçlar doğurabileceği anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte mevcut literatürde metodolojik heterojenlik, sınırlı örneklem büyüklükleri ve kısa takip süreleri gibi önemli kısıtlılıklar bulunmaktadır . Bu durum, elde edilen bulguların genellenebilirliğini sınırlamakta ve daha yüksek metodolojik kaliteye sahip, uzun dönem takip içeren ve standartlaştırılmış protokollerle yürütülen çalışmalara olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, aerobik egzersiz ve solunum eğitimi KOAH yönetiminde klinik, fonksiyonel ve bilişsel açıdan yararlı etkiler sağlamaktadır. Bu bulgular, egzersiz temelli pulmoner rehabilitasyonun KOAH tedavisinde multidisipliner ve bireyselleştirilmiş yaklaşımların temel bir parçası olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

Basso, F. M., et al. (2025). Behaviour change techniques embedded in physical training protocol on exercise motivation and level of physical activity in individuals with COPD: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*.

Cai, Y., Ren, X., Wang, J., Ma, B., & Chen, O. (2024). Effects of breathing exercises in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A network meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 105*(3), 558–570.

Ceyhan, Y., & Tekinsoy Kartin, P. (2022). The effects of breathing exercises and inhaler training in patients with COPD on the severity of dyspnea and life quality: A randomized controlled trial. *Trials, 23*(1), 707.

Ding, K., Song, F., Sun, W., Sun, M., & Xia, R. (2025). Impact of exercise training on cognitive function in patients with COPD: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *European Respiratory Review, 34*(175), 240170.

Huang, N., Peng, L., Li, H., Si, J., Shi, L., Wang, Y., Liao, J., & Sun, L. (2025). Meta-analysis of the effect of aerobic exercise combined with respiratory training on stable chronic obstructive pulmonary disease. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 22*(1), 2519598.

Jaitovich, A., & Barreiro, E. (2018). Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: What we know and can do for our patients. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 198*(2), 175–186.

Jian, C., Peng, X., Yang, Y., Xu, Y., Wang, L., & Cai, D. (2024). A network meta-analysis on the effects of different exercise types in patients with COPD. *Respiratory Care, 69*(9), 1189–1200.

Liu, S., Yang, A., Yu, Y., Xu, B., Yu, G., & Wang, H. (2025). Exercise prescription training in chronic obstructive pulmonary disease: Benefits and mechanisms. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 20*, 1071–1082.

Lu, Y., Li, P., Li, N., Wang, Z., Li, J., Liu, X., & Wu, W. (2020). Effects of home-based breathing exercises in subjects with COPD. *Respiratory Care, 65*(3), 377–387.

Mayer, A. F., Karloh, M., Dos Santos, K., de Araujo, C. L. P., & Gulart, A. A. (2018). Effects of acute use of pursed-lips breathing during exercise in patients with COPD: A systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy, 104*(1), 9–17.

O'Donnell, D. E., James, M. D., Milne, K. M., & Neder, J. A. (2019). The pathophysiology of dyspnea and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Clinics in Chest Medicine, 40*(2), 343–366.

Probst, V. S., Kovelis, D., Hernandes, N. A., Camillo, C. A., Cavalheri, V., & Pitta, F. (2020). Effects of 2 exercise training programs on physical activity in daily life in patients with COPD. *Respiratory Care, 56*(11), 1799–1807.

Wada, J. T., Borges-Santos, E., Porras, D. C., Paisani, D. M., Cukier, A., Lunardi, A. C., & Carvalho, C. R. F. (2016). Effects of aerobic training combined with respiratory muscle stretching on the functional exercise capacity and thoracoabdominal kinematics in patients with COPD: A randomized and controlled trial. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 11*, 2691–2700.

Yu, B., Li, P., Chen, Y., Li, X., Zhang, Y., Wu, W., & Wang, J. (2024). Effectiveness of high-intensity inspiratory muscle training, and resistance and aerobic exercise for cardiovascular health in chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulmonary Medicine, 24*, 568.

Zare, F., Karimyar Jahromi, M., Rahmanian, Z., & Faseleh Jahromi, M. (2025). Comparing effects of breathing exercises alone and combined with breathing-stretching exercises on respiratory indices, disease severity and exercise capacity in COPD. *Scientific Reports, 15*, 5068.

Zeng, Q. (2023). Clinical effect of aerobic exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: A retrospective study. *Medicine, 102*(40), e35539.

SPORCULARDA AYAK BİLEĞİ YARALANMALARINDA KİNEZYOBANTLAMA VE ÖNEMİ

Fzt. Samet KIRAYKIR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Bolu, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-5466-3771

Prof. Dr. Meral SERTEL

Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7575-9762

Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bolu, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6994-9391

ÖZET

Bu derleme, sporcularda sık görülen ayak bileği yaralanmalarını, bu yaralanmaların kronik ayak bileği instabilitesine (CAI) dönüşüm sürecini ve kinezyobantlamanın (KT) rehabilitasyondaki yerini güncel literatür doğrultusunda değerlendirmektedir. Ayak bileği burkulmalarının çoğunlukla plantar fleksiyon ve inversiyon mekanizması ile oluştuğu, en sık etkilenen yapının ise anterior talofibular ligament (ATFL) olduğu belirtilmektedir. Tekrarlayan travmalar sonucunda gelişen CAI'nin yalnızca mekanik bağ gevşekliği ile sınırlı olmadığı; propriyoseptif kayıp, postüral kontrol bozukluğu ve nöromüsküler yetersizlik gibi fonksiyonel bileşenleri de içerdiği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda kinezyobantlamanın, hareketi tamamen kısıtlamadan deri üzerindeki mekanoreseptörleri uyararak propriyoseptif geri bildirimi artırdığı; ağrı kontrolü, ödem yönetimi ve kas aktivasyonu üzerinde olumlu etkiler sağlayabildiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte literatür, KT'nin tek başına yeterli bir tedavi yöntemi olmadığını; denge, kuvvetlendirme ve nöromüsküler egzersiz programlarıyla birlikte uygulandığında rehabilitasyon sürecine anlamlı katkı sunduğunu göstermektedir. Sonuç olarak kinezyobantlama, CAI rehabilitasyonunda destekleyici ve tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ayak bileği burkulması, Kronik ayak bileği instabilitesi, Kinezyobantlama, Propriyosepsiyon, Nöromusküler kontrol, Sporcu rehabilitasyonu.

THE IMPORTANCE OF KINESIOTAPING IN ANKLE INJURIES AMONG ATHLETES

ABSTRACT

This review evaluates common ankle injuries in athletes, the progression of these injuries to chronic ankle instability (CAI), and the role of kinesiology taping (KT) in rehabilitation, based on the current literature. Ankle sprains are most commonly caused by plantarflexion and inversion mechanisms, with the anterior talofibular ligament (ATFL) being the most frequently injured structure. It is emphasized that CAI, which develops from repeated trauma, is not limited to mechanical ligament laxity; it also involves functional components such as proprioceptive loss, postural control dysfunction, and neuromuscular insufficiency. In this context, it is stated that kinesiotaping enhances proprioceptive feedback by stimulating mechanoreceptors in the skin without completely restricting movement; it can provide benefits for pain control, edema management, and muscle activation. However, the literature indicates that KT alone is insufficient; it makes a meaningful contribution to the rehabilitation process when used in conjunction with balance, strengthening, and neuromuscular exercise programs.

Consequently, kinesiotaping is considered a supportive and complementary approach in CAI rehabilitation.

Keywords: Ankle sprain, Chronic ankle instability, Kinesiotaping, Proprioception, Neuromuscular control, Athlete rehabilitation.

GİRİŞ

Ayak bileği yaralanmaları, özellikle sıçrama ve ani yön değiştirme içeren spor dallarında en sık karşılaşılan kas-iskelet sistemi yaralanmaları arasında yer almaktadır (Doherty ve ark., 2014). Voleybol gibi tekrarlayan sıçrama, blok ve iniş mekaniklerini içeren branşlarda, ayak bileği eklemine binen yüklerin artması nedeniyle burkulma yaralanmalarının görülme sıklığı oldukça yüksektir (Doherty ve ark., 2014). Literatürde, sporcuların önemli bir kısmının kariyerleri boyunca en az bir kez ayak bileği burkulması yaşadığı ve bu yaralanmaların büyük bölümünün tekrarlayıcı nitelik taşıdığı bildirilmektedir (Hertel, 2002).

Ayak bileği burkulmaları sonrasında gelişen en önemli klinik durumlardan biri kronik ayak bileği instabilitesi (Chronic Ankle Instability, CAI) olarak tanımlanmaktadır (Gribble ve ark., 2016; Hertel, 2002). CAI yalnızca ligamentöz yapıların mekanik yetersizliği ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda propriyoseptif duyuda azalma, nöromüsküler kontrol bozukluğu ve postüral stabilitede gerileme ile karakterizedir (Hertel, 2002; McKeon ve Hertel, 2008). Bu durum, özellikle sporcularda postüral kontrolün bozulmasına ve yeniden yaralanma riskinin artmasına neden olan temel faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (McKeon ve Hertel, 2008; Arnold ve ark., 2009).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, ayak bileği yaralanma öyküsü olan bireylerde denge ve nöromüsküler kontrol parametrelerinin sağlıklı bireylere kıyasla anlamlı düzeyde farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır (McKeon ve Hertel, 2008; Arnold ve ark., 2009). Özellikle postüral kontrolün değerlendirilmesi amacıyla kullanılan stabilometrik ölçümler ve fonksiyonel denge testleri, kronik ayak bileği instabilitesinin belirlenmesinde önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır (McKeon ve Hertel, 2008; Arnold ve ark., 2009). Ayrıca, denge eğitimi ve propriyoseptif egzersizlerin ayak bileği instabilitesi olan bireylerde postüral kontrolü geliştirdiği ve yeniden yaralanma riskini azalttığı bildirilmiştir (Hale ve ark., 2007; McKeon ve Ingersoll, 2012). Bununla birlikte, kinezyobantlama uygulamalarının propriyoseptif geri bildirimi artırarak denge ve fonksiyonel performans üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği ifade edilmektedir (Halseth ve ark., 2004).

Literatür incelendiğinde, ayak bileği yaralanmaları ve kronik instabilite üzerine çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, kinezyobantlamanın sporcularda postüral kontrol, denge ve performans üzerindeki etkilerini bütüncül olarak ele alan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu derlemenin amacı sporcularda ayak bileği yaralanmalarında kinezyobantlamanın etkilerini, etki mekanizmalarını ve rehabilitasyon sürecindeki yerini güncel literatür ışığında sunmaktır.

AYAK BİLEĞİ YARALANMALARI VE KİNEZYOBANTLAMA

Burkulmalar (Sprain)

Ayak bileği burkulmaları, spor yaralanmaları arasında en yüksek insidansa sahip yaralanmalardan biridir (Doherty ve ark., 2014). Yaralanma mekanizması genellikle ayağın plantar fleksiyon ve inversiyon pozisyonundayken gelişen ani yüklenmelerle karakterizedir.

9. Lateral Ligament Kompleksi: Bu mekanizma sonucunda en sık lateral (dış) bağlar hasar görür.
10. Anterior Talofibular Ligament (ATFL): Mekanik olarak en zayıf bağ olduğu için yaralanmaların yaklaşık %80'inde ilk etkilenen yapıdır. Ardından Calcaneofibular Ligament (CFL) hasarı görülebilir (Hertel, 2002).
11. Risk Faktörleri: Zemin teması hataları, propriyoseptif eksiklikler ve ani yön değiştirmeler birincil risk faktörleridir.

Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi (CAI)

Akut bir burkulma sonrası dokuların tam iyileşmemesi veya nöromüsküler kontrolün sağlanamaması durumunda Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi (CAI) gelişir. International Ankle Consortium'un tanımına göre CAI; tekrarlayan burkulmalar, "boşalma" (giving way) hissi ve rezidüel semptomların (ağrı, şişlik, kısıtlılık) en az 12 ay sürmesi durumudur (Gribble ve ark., 2016).

CAI iki ana bileşenin etkileşimiyle açıklanır

1. Mekanik İnstabilite: Bağ laksitesi (gevşekliği), sinovyal değişiklikler ve eklem dejenerasyonu gibi yapısal sorunlar.
2. Fonksiyonel İnstabilite: Propriosepsiyon kayıpları, denge bozuklukları ve nöromüsküler kontrol yetersizliği (Arnold ve ark., 2009; McKeon & Hertel, 2008).

Belirtiler ve Klinik Görünüm

Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi (CAI) olan bireylerde görülen temel belirtiler, postüral kontrolün bozulması ve nöromüsküler defisitlerle ilişkilidir:

3. Tekrarlayan Burkulmalar ve "Giving Way": En az bir kez ciddi burkulma öyküsü ve günlük yaşam veya spor sırasında gelişen ani boşalma hissi (Gribble ve ark., 2016).
4. Postüral Kontrol Bozukluğu: Hem statik hem de dinamik dengede meydana gelen bozulmalar, yaralanma riskini sürekli kılan temel bir unsurdur (Arnold ve ark., 2009).
5. Propriosepsiyon Kaybı: Eklem pozisyon hissinin zayıflaması, bireyin ayak bileğinin konumunu algılama yeteneğini azaltarak dengesizlik hissine yol açar (McKeon & Hertel, 2008).

Risk Faktörleri

Yaralanma riskini artıran faktörler literatürde hem bireysel (intrinsik) hem de çevresel (ekstrinsik) olarak ikiye ayrılır:

1. Yaralanma Geçmişi: Daha önce geçirilmiş ayak bileği burkulmaları, yetersiz rehabilitasyon ile birleştiğinde en güçlü risk faktörü haline gelir (Doherty ve ark., 2014).
2. Nöromüsküler ve Kas Faktörleri: Özellikle peronealler gibi ayak bileğini stabilize eden kaslardaki kuvvet kaybı ve gecikmiş aktivasyon zamanı (Hertel, 2002).
3. Yetersiz Denge Kontrolü: Gövde ve alt ekstremite arasındaki koordinasyon eksikliği, zemin temasındaki hataları artırır.
4. Çevresel Faktörler: Zemin bozuklukları ve aktiviteye uygun olmayan, stabilizasyonu düşük ayakkabı tercihi mekanik stresi artırarak yeni yaralanmalara zemin hazırlar.

Kinezyobantlama Mekanizması

Ayak bileği yaralanmaları, özellikle sıçrama, yön değiştirme ve ani duruş gerektiren spor branşlarında en sık görülen kas-iskelet sistemi yaralanmaları arasında yer almaktadır. Bu yaralanmalar sporcularda ağrı, denge kaybı, performans azalması ve tekrar yaralanma riskinde artışa neden olabilmektedir. Son yıllarda kinezyobantlama yöntemi; propriyosepsiyonu artırma, ödemi azaltma, kas fonksiyonunu destekleme ve eklem stabilizasyonuna katkı sağlama amacıyla spor rehabilitasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Elastik yapıya sahip olan kinezyobantların, hareketi tamamen kısıtlamadan destek sağlaması nedeniyle özellikle sporcularda tercih edildiği bildirilmektedir. 1970'lerde Dr. Kenzo Kase tarafından geliştirilen kinezyobantlama, geleneksel rijit bantların aksine cildin esnekliğine uyum sağlayan, lateks içermeyen terapötik bir yöntemdir. Literatürde kinezyobantlamanın ağrı kontrolü, postüral stabilite ve fonksiyonel performans üzerinde olumlu etkileri olduğunu gösteren çalışmalar

bulunmakla birlikte, etkinliği konusunda farklı sonuçlar da mevcuttur (Williams et al., 2012). Bu nedenle sporcularda ayak bileği yaralanmalarında kinezyobantlamanın etkilerinin incelenmesi klinik uygulamalar açısından önem taşımaktadır.

Kinezyobantlamanın tedavide temel etki mekanizmaları

1. Nörosensör Etki ve Propriosepsiyon: Bant, deri üzerindeki mekanoreseptörleri uyararak eklem farkındalığını artırmayı hedefler. Ancak literatürde sağlıklı bireylerde proprioseptif duyuyu artırmadaki etkinliği hala tartışmalıdır (Halseth ve ark., 2004).
2. Kas Fonksiyonu Modülasyonu: Uygulama yönüne ve gerim miktarına bağlı olarak zayıf kasları fasilite etme veya aşırı aktif kasları inhibe etme potansiyeline sahiptir.
3. Dolaşım ve Lenfatik Destek: Cildi hafifçe yukarı kaldırarak interstisyel alanı genişletir; bu da lokal kan akımını ve lenfatik drenajı artırarak ödemin azalmasına yardımcı olur.
4. Ağrı Modülasyonu: Kapı Kontrol Teorisi çerçevesinde, somatosensör sistem üzerinden ağrı iletimini azaltabilir.

CAI ve Sporcularda Uygulama Teknikleri

Klinik uygulamalarda, özellikle ayak bileği instabilitesine yönelik spesifik teknikler ön plana çıkar:

1. Mekanik ve Lateral Stabilizasyon: Talus ve kalkaneusu destekleyerek inversiyon stresini azaltmaya yönelik teknikler.
2. Fonksiyonel Bantlamalar: "Figure-8" (Sekiz çizme) tekniği ile eklem stabilitesini artırırken hareket açıklığını korumak.
3. Nöromüsküler Teknikler: Özellikle lateral stabiliteyi sağlayan Peroneal kas grubunu destekleyici fasilitasyon uygulamaları.
4. Ödem Kontrolü: Akut burkulma sonrası "Fan" (Yelpaze) tekniği ile lenfatik drenajın hızlandırılması.

Klinik ve Performans Çıktıları

Kinezyobantlamanın sporcu popülasyonundaki etkileri üzerine yapılan araştırmalar şu sonuçları vurgulamaktadır:

1. Denge ve Postüral Kontrol: CAI olan bireylerde statik ve dinamik dengenin iyileştirilmesinde yardımcı bir yöntem olarak kabul edilir (McKeon & Hertel, 2008; Arnold ve ark., 2009).
2. Fonksiyonel Performans: Sıçrama ve yön değiştirme gibi patlayıcı güç gerektiren aktivitelerde performansı engellemeden stabilite sağlar; ancak performans artırıcı etkisi kanıta dayalı olarak sınırlı kabul edilir (McKeon & Ingersoll, 2012).
3. Yaralanma Önleme: Mekanik destekten ziyade sağladığı nöro-geribildirim sayesinde, sporcuların ani yüklenmelerde ayak bileği pozisyonunu daha iyi kontrol etmesine yardımcı olur.

REHABİLİTASYON VE KORUYUCU YAKLAŞIMLAR

Kronik ayak bileği instabilitesi (CAI), tekrarlayan ayak bileği burkulmaları sonrası gelişen, mekanik ve fonksiyonel yetersizliklerle karakterize yaygın bir kas-iskelet sistemi problemidir. Sporcularda ve fiziksel olarak aktif bireylerde sık görülen bu durum; denge kaybı, propriyoseptif bozukluk, kas kuvvetinde azalma ve yeniden yaralanma riskinde artış ile ilişkilidir. Rehabilitasyon ve koruyucu yaklaşımlarda temel amaç; nöromüsküler kontrolü geliştirmek, eklem stabilitesini artırmak ve tekrar yaralanmaları önlemektir. Bu kapsamda denge ve propriyosepsiyon egzersizleri, kuvvetlendirme programları, pliometrik egzersizler, kinezyobantlama ve fonksiyonel destek uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle erken dönemde uygulanan nöromüsküler antrenman programlarının postüral kontrolü geliştirerek yaralanma tekrarını azalttığı bildirilmektedir (Gribble et al., 2016). Bu nedenle

KABİ'de bireye özgü rehabilitasyon programlarının planlanması ve koruyucu stratejilerin uygulanması klinik açıdan büyük önem taşımaktadır.

Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi (CAI) yönetiminde modern rehabilitasyon protokolleri, pasif desteklerden ziyade nöromüsküler kontrolün yeniden kazanılmasına odaklanır. Kinezyobantlama, bu süreçte tek başına bir tedavi yöntemi değil, rehabilitasyonun verimliliğini artıran bir "yardımcı (adjunct) terapi" olarak konumlandırılmalıdır.

Rehabilitasyonda kullanılan tedavi yaklaşımları

1. Proprioseptif ve Nöromüsküler Eğitim: Denge tahtası (wobble board), stabil olmayan zemin egzersizleri ve tek ayak üzerinde perturbasyon çalışmaları. Bu egzersizler, Arnold ve ark. (2009) tarafından belirtilen postüral kontrol bozukluklarını düzeltmek için esastır.
2. Dinamik Kas Kuvvetlendirme: Özellikle lateral stabiliteden sorumlu olan m. peroneus longus ve brevis'in eksantrik kuvvetlendirilmesi. Hale ve ark. (2007), 4 haftalık kapsamlı bir programın bile alt ekstremite fonksiyonlarını anlamlı derecede artırdığını göstermiştir.
3. Fonksiyonel ve Sportif Spesifik Antrenmanlar: Sporcunun branşına özgü ani yön değiştirme (agility), sıçrama ve kontrollü iniş (landing) mekaniklerinin düzeltilmesi.
4. Kombine Yaklaşım (Bantlama + Egzersiz): Kinezyobantlama, egzersiz sırasında ekleme sağladığı "güven hissi" ve nörosensör girdi sayesinde hastanın egzersizlere katılımını ve hareket kalitesini artırır (McKeon & Ingersoll, 2012).

Literatür incelendiğinde, kinezyobantlamanın özellikle kısa vadede propriyoseptif geri bildirim sağlayarak denge ve postüral kontrol üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu görülmektedir. Ancak, bu etkinin büyüklüğü ve sürekliliği konusunda çalışmalar arasında metodolojik farklılıklar bulunmaktadır. Uygulama yöntemlerine göre avantaj ve dezavantajlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Uygulama Yöntemleri

Fayda	Uygulama	Açıklama
Avantaj	Non-invaziv	Kolay uygulanabilir ve düşük maliyetlidir.
Avantaj	Fonksiyonel	Eklemin fizyolojik hareket açıklığını (ROM) kısıtlamaz.
Avantaj	Duyusal Destek	Deri mekanoreseptörleri üzerinden sürekli proprioseptif girdi sağlar.
Dezavantaj	Kısa Süreli Etki	Bant esnekliğini yitirdikçe mekanik destek azalabilir.
Dezavantaj	Uygulayıcı Hassasiyeti	Etkinlik, bantlama tekniğinin doğruluğuna bağlıdır.
Dezavantaj	Yetersiz Kanıt	Tek başına tedavi edici etkisi sınırlıdır; yardımcı yöntemdir.

Bazı çalışmalar performans üzerinde anlamlı bir etki bildirmezken, özellikle instabiliteye sahip bireylerde klinik faydanın daha belirgin olduğu saptanmıştır. Bu durum şu üç temel değişkene bağlanabilir:

1. Uygulama Tekniği: Banttaki gerim miktarı ve kullanılan teknik (fasilite edici vs. mekanik destek).
2. Yaralanma Kronisitesi: Akut yaralanma ile kronik instabilite (CAI) arasındaki nöromüsküler yanıt farkları.
3. Eşlik Eden Programlar: Bantlamanın izole mi yoksa progresif bir rehabilitasyon programının parçası mı olduğu.

SONUÇ

Ayak bileği yaralanmaları, özellikle dinamik branşlarda mücadele eden sporcuların sahada kalma sürelerini, atletik performans kalitelerini ve uzun vadeli kariyer projeksiyonlarını doğrudan etkileyen kritik bir sağlık problemidir. Bu derleme kapsamında yapılan literatür analizi, kinezyobantlama (KT) uygulamalarının, özellikle Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi (CAI) tablosu gelişmiş sporcularda semptomatik ve fonksiyonel iyileşme sürecine çok yönlü katkı sunduğunu ortaya koymuştur.

Kinezyobantlamanın temel etkisi, rijit bantlamalarda görülen mekanik kısıtlamadan ziyade, deri üzerindeki mekanoreseptörleri uyararak somatosensoriyel girdiyi artırması ve bu sayede eklem pozisyon duyusunu (propriosepsiyon) ile postüral kontrolü optimize etmesidir. Bu nöromüsküler fasilitasyon mekanizması, sporcunun yaralanma sonrası yaşadığı "ekleme güvensizlik" hissini (kinezyofobi) azaltmakta ve fonksiyonel kapasiteye dönüş sürecinde psikolojik bir destek bariyeri oluşturmaktadır.

Ancak elde edilen klinik kanıtlar, kinezyobantlamanın izole bir tedavi modalitesi olarak kullanılmasının literatürdeki etkinliğinin sınırlı kalabileceğini göstermektedir. Maksimum terapötik verim, bantlamanın kişiye özel planlanmış propriyoseptif egzersizler, progresif kuvvetlendirme protokolleri ve dinamik denge eğitimleri ile entegre edildiği "multidisipliner rehabilitasyon" modellerinde elde edilmektedir. Özellikle akut fazdan kronik faza geçişte, ödem kontrolünden fonksiyonel stabilizasyona kadar farklı amaçlarla kullanılan KT teknikleri, rehabilitasyonun verimliliğini artıran tamamlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak; fizyoterapistler ve spor sağlığı profesyonelleri, kinezyobantlamayı rehabilitasyonun erken döneminden itibaren hem iyileşmeyi hızlandırıcı hem de nüksleri önleyici koruyucu bir strateji olarak klinik uygulamalarına dahil etmelidir. Bununla birlikte, bantlama uygulamalarının "pasif bir destek" olduğu unutulmamalı ve sporcunun aktif katılımını gerektiren kanıta dayalı egzersiz protokolleri, tedavi planının merkezinde yer almaya devam etmelidir. Gelecek çalışmaların, kinezyobantlamanın farklı uygulama tansiyonlarının ve tekniklerinin (fan, Y bandı, mekanik düzeltme vb.) uzun dönemli sportif performans üzerindeki spesifik etkilerini daha geniş örneklem gruplarında incelemesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Arnold, B. L., De La Motte, S., Linens, S., & Ross, S. E. (2009). Ankle instability is associated with balance impairments: A meta-analysis. Medicine & Science in Sports & Exercise, 41(5), 1048-1062. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318192d044

Doherty, C., Delahunt, E., Caulfield, B., Hertel, J., Ryan, J., & Bleakley, C. (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury: A systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. British Journal of Sports Medicine, 48(18), 1356-1364. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093273

Gribble, P. A., Delahunt, E., Bleakley, C. M., Caulfield, B., Docherty, C. L., Egami, T., ... & Wikstrom, E. A. (2016). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: A position statement from the International Ankle Consortium. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 46(2), 45-55. https://doi.org/10.2519/jospt.2016.0303

Gribble, P. A., Bleakley, C. M., Caulfield, B. M., Docherty, C. L., Fourchet, F., Fong, D. T. P., Hertel, J., Hiller, C. E., Kaminski, T. W., McKeon, P. O., Refshauge, K. M., Verhagen, E. A., Vicenzino, B. T., & Wikstrom, E. A. (2016). Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. British Journal of Sports Medicine, 50(24), 1496–1505.

Hale, S. A., Hertel, J., & Olmsted-Kramer, L. C. (2007). The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 37(6), 303-311. https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2322

Halseth, T., McChesney, J. W., DeBeliso, M., Vaughn, R., & Lien, J. (2004). The effects of kinesio taping on proprioception at the ankle. Journal of Sports Science & Medicine, 3(1), 1-7.

Hertel, J. (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. Journal of Athletic Training, 37(4), 364-375.

McKeon, P. O., & Hertel, J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: Can deficits be identified? Journal of Athletic Training, 43(3), 305-315. https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.3.305

McKeon, P. O., & Ingersoll, C. D. (2012). Evidence-based practice and the rehabilitation of chronic ankle instability. Journal of Athletic Training, 47(2), 122-123. https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.2.122

Williams, S., Whatman, C., Hume, P. A., & Sheerin, K. (2012). Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries: A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. Sports Medicine, 42(2), 153–164.

SİYEZ VE GERNİK BUĞDAYINDA ABİYOTİK STRES HAFIZASI: TUZLULUK, SU KISITI VE ANTİK GENETİK MİRAS EKSENİNDE MEKANİZMA TEMELLİ BİR SENTEZ

***Meral KUTLU*[1]**

[1]Atatürk Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Tarla bitkileri Anabilimdalı, Erzurum, Türkiye

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3288-1266

ÖZET

Bu derleme, siyez (*Triticum monococcum*) ve gernik/emmer buğdayında (*Triticum dicoccum*) tuzluluk ve su kısıtı yanıtlarını abiyotik stres hafızası odağında, mekanizma temelli bir sentez çerçevesinde değerlendirmektedir. Antik buğdaylar çoğunlukla yerel genetik kaynak, geleneksel üretim materyali veya besinsel kalite unsuru olarak tanımlansa da bu çalışmanın odağı, bu türlerin çevresel stresler karşısında hangi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yanıt örüntülerini geliştirdiğidir. Bu kapsamda tuzluluk stresi; Na^+/K^+ dengesinin korunması, kök bölgesinde iyon seçiciliği, ozmotik düzenleme, membran stabilitesi, antioksidan savunma ve fotosentetik süreklilik açısından ele alınmıştır. Su kısıtı yanıtları ise kök mimari plastisitesi, stoma kontrolü, yaprak su durumu, hücre turgoru, kök kaynaklı sinyaller ve erken fide dayanıklılığı bağlamında tartışılmıştır. Çalışmanın temel özgünlüğü, tuzluluk ve su kısıtını birbirinden bağımsız stres alanları olarak değil, ortak ozmotik, iyonik, oksidatif ve hormonal yanıt ağları üzerinden kesişen süreçler şeklinde yorumlamasıdır. Bu doğrultuda, tuzlulukla tetiklenen ozmotik ve antioksidan düzenlemelerin sonraki su kısıtı koşullarında koruyucu bir stres hafızası oluşturup oluşturamayacağı tartışılmıştır. Bununla birlikte, ön stres maruziyetinin her koşulda avantaj sağlamayacağı; stresin şiddeti, süresi, gelişme dönemi, toparlanma aralığı ve genotipe bağlı olarak koruyucu hafıza ile metabolik yıpranma arasında bir "hafıza eşiği" oluşabileceği vurgulanmıştır. Sonuç olarak siyez ve gernik buğdayı, doğrudan stres toleransı garantisi taşıyan materyaller olarak değil, abiyotik stres hafızası, kök plastisitesi, ozmotik uyum, iyon homeostazı ve ıslah değeri bakımından mekanizma düzeyinde incelenmesi gereken antik genetik kaynaklar olarak konumlandırılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Siyez buğdayı; gernik buğdayı, abiyotik stres hafızası; tuzluluk, su kısıtı; hafıza eşiği

GİRİŞ

1.Antik Buğdayların Stres Biyolojisinde Yeniden Konumlandırılması

Modern buğday üretimi, verim artışı üzerinden şekillenen uzun bir ıslah tarihinin ürünüdür. Bu süreç tarımsal üretimde yüksek performanslı çeşitlerin gelişmesini sağlamış; fakat çevresel streslere karşı fizyolojik esneklik, genetik çeşitlilik ve marjinal koşullara uyum kapasitesi açısından bazı tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Tuzluluk, su kısıtı, sıcaklık dalgalanmaları ve erken gelişme döneminde ortaya çıkan çevresel sınırlamalar artık bitkisel üretimde arızi problemler olarak görülmemektedir. Bunlar, tahıl sistemlerinin geleceğini belirleyen yapısal stres alanları hâline gelmiştir. Bitkilerin kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik streslere karşı çok katmanlı algılama, sinyal iletimi, transkripsiyonel düzenleme ve protein düzeyi yanıtlar geliştirdiği bilinmektedir (Zhang, Zhu, Gong, & Zhu, 2022). Bu çerçeve, antik buğdayların yeniden ele alınması için güçlü bir bilimsel zemin sunmaktadır.

Siyez buğdayı (*Triticum monococcum* ssp.) ve gernik/emmer buğdayı (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) çoğu zaman geleneksel üretim, yerel çeşitlilik ya da besinsel kalite bağlamında tanımlanmaktadır. Oysa bu iki antik *Triticum* formunun asıl değeri, yalnız agronomik nostaljiyle açıklanamaz. Daha derin mesele, bu genotiplerin çevresel sınırlamalar karşısında hangi fizyolojik izleri koruduğu, stresle karşılaştığında metabolik önceliklerini nasıl değiştirdiği ve modern buğday ıslahının daralan adaptasyon alanına ne tür mekanistik katkılar sunabileceğidir Şekil 1. Erken gelişme döneminde yapılan çalışmalarda siyez ve ekmeklik buğday materyallerinin tuz, soğuk ve kuraklık stresleri altında kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök yaş/kuru ağırlığı ve çimlenme göstergeleri bakımından belirgin

farklılıklar sergilediği rapor edilmiştir (Zencirci ve diğerleri, 2019). Bu bulgu, antik buğdayların stres biyolojisinde tek tip bir "dayanıklılık" söylemiyle değil, genotip düzeyinde ayrışan yanıt kalıplarıyla tartışılması gerektiğini göstermektedir.

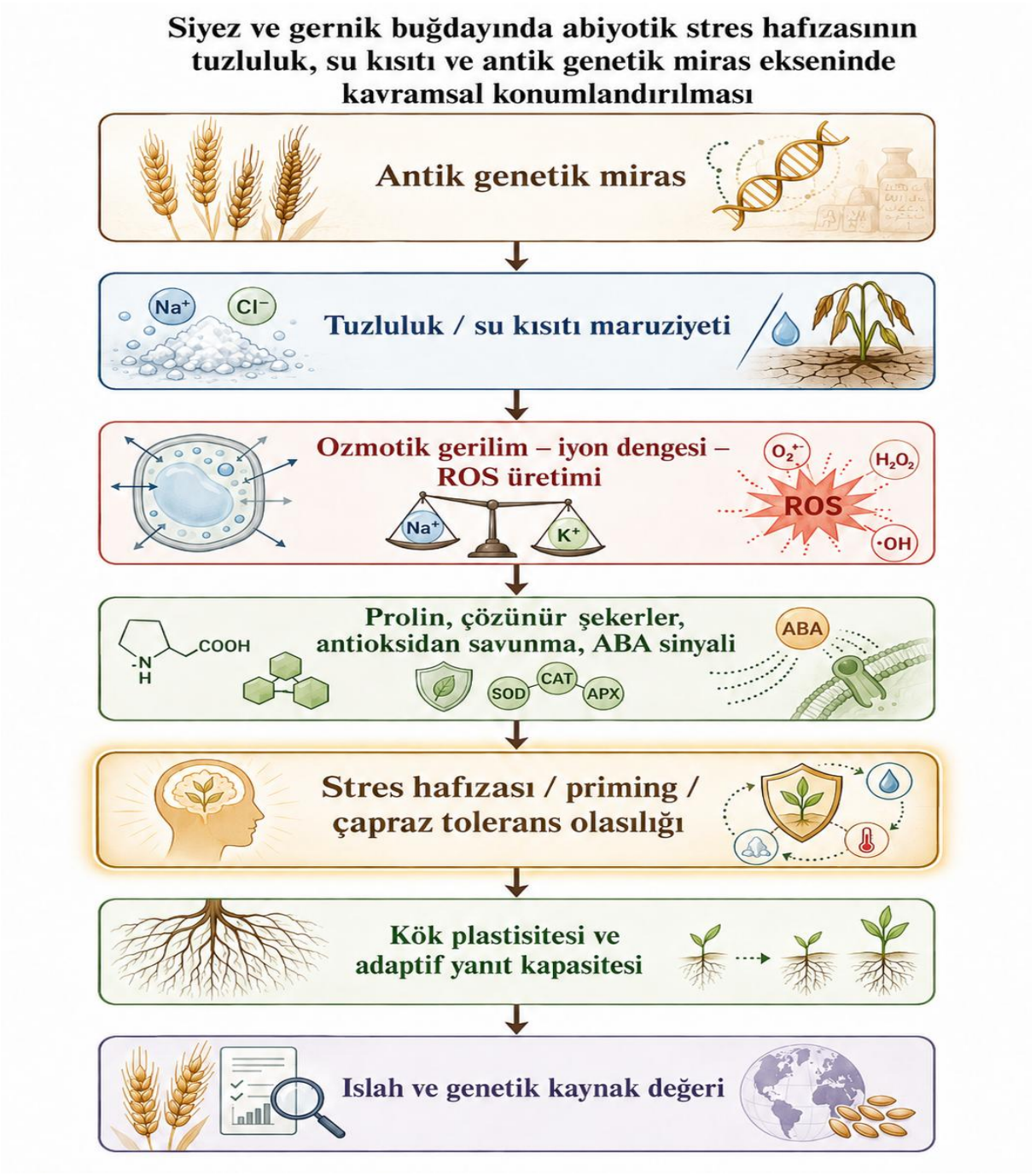
Bu derlemenin çıkış noktası, siyez ve gernik buğdayının tuzluluk ve su kısıtı altında verdiği yanıtları klasik "tolerans–hassasiyet" ikiliğine sıkıştırmamaktır. Çünkü abiyotik stres toleransı, çoğu durumda sabit bir özellik gibi sunulsa da bitkideki yanıt oldukça dinamiktir. Bir genotip belirli bir tuz düzeyinde kök büyümesini koruyabilir; fakat aynı genotip su kısıtı altında fotosentetik aktivite, stomal iletkenlik ya da ozmotik düzenleme bakımından farklı bir profil çizebilir Şekil 1. Gernik buğdayında yapılan in vitro tuz stresi çalışmaları, NaCl uygulamalarının prolin, çözünür şeker, H_2O_2, MDA ile SOS1 ve SERK1 gen ifadeleri üzerinde genotipe bağlı değişimler oluşturduğunu göstermiştir (Ilhan, Yazicilar, Geyik, Atıcı, ve Bezirganoglu, 2024). Bu durum, gernik buğdayının tuz stresine verdiği yanıtın tek bir fizyolojik göstergeye indirgenemeyeceğini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Bu noktada "abiyotik stres hafızası" kavramı çalışmanın ana eksenini oluşturmaktadır. Bitkilerde stres hafızası, önceki bir stres maruziyetinin sonraki stres yanıtını değiştirmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu değişim her zaman doğrudan dayanıklılık artışı anlamına gelmez; kimi koşullarda bitki sonraki strese daha hızlı yanıt verebilir, kimi koşullarda önceki stresin metabolik maliyeti yeni stres karşısında kırılganlığı artırabilir. Bruce, Matthes, Napier ve Pickett (2007), bitkilerde önceki stres deneyiminin sonraki yanıtları değiştirebildiğini; bu olgunun sinyal metabolitleri, transkripsiyon faktörleri ya da epigenetik düzenlemeler üzerinden açıklanabileceğini belirtmiştir. Bu yaklaşım, siyez ve gernik buğdayında tuzluluk ile su kısıtının ayrı başlıklar olarak değil, bitkinin ardışık stres algısı ve yanıt hafızası içinde ele alınması gerektiğini düşündürmektedir Şekil 1.

Tuzluluk ve su kısıtı arasındaki ilişki, özellikle ozmotik gerilim düzeyinde kritik bir kesişim yaratır. Tuz stresi kök bölgesinde su alımını sınırlayarak bitkide kuraklığa benzer bir fizyolojik tablo oluşturabilir; buna iyon toksisitesi, Na^+/K^+ dengesindeki bozulma ve oksidatif hasar eklendiğinde yanıt daha karmaşık hâle gelir. Su kısıtı ise çoğunlukla turgor kaybı, stomal kapanma, fotosentezde gerileme ve kök–sürgün dengesinin yeniden ayarlanmasıyla kendini gösterir Şekil 1. Bu iki stresin ortak paydası, bitkinin hücre düzeyinde su statüsünü, membran bütünlüğünü ve metabolik sürekliliğini koruma çabasıdır. Siyez, gernik ve durum buğdayında tuzlu koşullarda çimlenme ve filizlenme sürecinde fenolik bileşikler ile antioksidan aktivite düzeylerinin farklılaşması, antik buğdaylarda stres yanıtının metabolik kalite boyutuyla da okunabileceğini göstermektedir (Stagnari ve diğerleri, 2017).

Bu çalışma, siyez ve gernik buğdayını geçmişten bugüne taşınmış durağan bir genetik kalıntı olarak ele almaz; bu iki formu, abiyotik stres biyolojisinin güncel ve hâlen tartışmaya açık sorularını değerlendirmek için elverişli, canlı ve işlevsel bir model alanı içinde konumlandırır. Buradaki temel yaklaşım, antik buğdayların koşulsuz biçimde dayanıklı materyaller olduğu yönünde kesin bir kabul üretmek değildir. Bilimsel açıdan daha güçlü zemin, siyez ve gernik buğdayının tuzluluk ve su kısıtı altında şekillenen fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yanıtların karşılaştırmalı biçimde incelenmesine olanak sağlayan özgün bir genetik arka plan taşıdığı düşüncesidir. Bu arka plan; stres hafızası, ozmotik düzenleme, iyon homeostazı, antioksidan savunma kapasitesi ve kök mimari plastisitesi üzerinden yeniden okunmayı gerektirir.

Derlemenin temel amacı, siyez ve gernik buğdayında tuzluluk ile su kısıtı yanıtlarını mevcut literatür ışığında mekanizma temelli bir sentez çerçevesinde tartışmaktır. Çalışma, antik genetik mirası romantize eden bir anlatıdan uzak durarak stres toleransını basit bir dayanıklılık etiketiyle açıklamayan daha eleştirel bir yaklaşım kurar. Tuzluluk ve su kısıtı arasında gelişebilecek çapraz yanıtlar, stres hafızası kavramı üzerinden değerlendirilir. Bu bakış açısı, antik buğdayların modern ıslah programları ve stres fizyolojisi araştırmalarındaki yerini daha gerçekçi, daha derinlikli ve daha işlevsel bir zemine taşıma potansiyeli taşımaktadır.



Şekil 1. Siyez ve gernik buğdayında abiyotik stres hafızasının tuzluluk, su kısıtı ve antik genetik miras ekseninde kavramsal konumlandırılması

2. Abiyotik Stres Hafızası Perspektifinden Tuzluluk ve Su Kısıtı Yanıtlarının Mekanizma Temelli Yeniden Okunması

Bitkiler, çevresel stresleri pasif biçimde karşılayan organizmalar değildir. Kök bölgesindeki tuz birikimi, su potansiyelindeki düşüş, hücre içi iyon dengesinin bozulması ya da oksidatif gerilim gibi uyarılar bitkide çoğu zaman tek seferlik bir savunma yanıtı oluşturmaz; aksine, sonraki stres deneyimlerini biçimlendirebilen fizyolojik ve moleküler izler bırakır. Bu bağlamda abiyotik stres hafızası, bitkinin önceki stres maruziyetinden sonra aynı ya da farklı bir çevresel uyarana daha hızlı, daha kontrollü veya daha güçlü yanıt verme kapasitesi olarak ele alınmaktadır. Bruce, Matthes, Napier ve Pickett (2007) bu olguyu "priming" ya da "hardening" süreçleriyle ilişkilendirerek, önceki stres

deneyiminin sonraki maruziyetlerde bitkinin direnç düzeyini değiştirebildiğini belirtmiştir. Bu yaklaşım, siyez ve gernik buğdayında tuzluluk ile su kısıtının ayrı fizyolojik olaylar şeklinde değil, birbirini etkileyen ardışık stres deneyimleri olarak okunmasına imkân tanır.

Stres hafızası kavramı, bitkide kalıcı bir "dayanıklılık etiketi" anlamına gelmez. Daha doğru okuma, bu hafızanın bağlama bağlı bir hazırlık hâli olduğudur. Hilker ve Schmülling (2019), bitkilerde stres priminginin geçmiş stres olaylarının hatırlanması ve sonraki tepkilerin daha hızlı ya da daha güçlü biçimde düzenlenmesiyle ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Ancak bu düzenleme her koşulda avantaj üretmez; önceki stresin süresi, şiddeti, gelişme dönemi ve iyileşme aralığı yanıtın yönünü değiştirebilir. Siyez ve gernik buğdayı açısından bu nokta oldukça kritiktir. Tablo 1. Çünkü antik genetik miras çoğu zaman doğrudan toleransla eşleştirilir; oysa asıl bilimsel soru, bu genotiplerin stres sonrası fizyolojik izleri hangi dokularda, ne kadar süreyle ve hangi maliyetle taşıdığıdır.

Tuzluluk ve su kısıtı arasındaki en güçlü ortak zemin ozmotik gerilimdir. Tuzluluk, kök çevresindeki su potansiyelini düşürerek bitkinin su alımını sınırlar; bu durum erken aşamada su kısıtına benzeyen bir tablo yaratır. Daha ileri düzeyde Na^+ ve Cl^- birikimi, K^+ dengesindeki bozulma, membran kararlılığındaki zayıflama ve reaktif oksijen türlerinin artışı devreye girer. Su kısıtı ise kök–sürgün hidrolik sürekliliğini, stomal açıklığı, fotosentetik karbon kazanımını ve hücresel turgoru doğrudan etkiler. Liu, Quan ve Bartels (2022), kuraklık hafızasının fizyolojik, biyokimyasal, moleküler ve epigenetik perspektiflerden değerlendirilmesi gerektiğini; stres hafızası, çapraz tolerans ve tohum primingi gibi yaklaşımların dehidrasyon stresinin olumsuz etkilerini azaltmada araştırmaya açık bir alan oluşturduğunu bildirmiştir. Bu görüş, siyez ve gernik buğdayında tuzluluk sonrası su kısıtı yanıtlarının sıradan bir çift stres konusu olmadığını; ozmotik belleğin, iyon dengesinin ve antioksidan yanıtın birlikte incelenmesi gereken daha karmaşık bir problem alanı sunduğunu göstermektedir. Tablo 1.

Bu derlemede stres ön koşullandırması, bitkinin düşük ya da orta şiddette bir stres deneyimi sonrasında daha ağır bir çevresel sınırlamaya karşı fizyolojik hazırlık geliştirmesi biçiminde değerlendirilmelidir. Bu hazırlık, büyümenin korunması kadar büyümenin kontrollü biçimde yavaşlatılması anlamına da gelebilir. Örneğin bir bitki tuzluluk sonrası kök büyümesini sürdürürken sürgün gelişimini sınırlandırabilir; bu yanıt ilk bakışta büyüme baskılanması gibi görünür, fakat su kullanımını azaltan koruyucu bir strateji de olabilir. Wang ve diğerleri, (2023), buğdayda kuraklık priminginin fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar üzerinden stres toleransını artırma potansiyeli taşıdığını; yine de uygulama başarısının stresin zamanı, şiddeti, genotip ve gelişme dönemine bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Bu bulgu, siyez ve gernikte stres hafızasının mutlak avantaj şeklinde sunulmaması gerektiğini açıkça gösterir.

Ozmotik hafıza, bu bölümün en özgün tartışma alanlarından biridir. Tuzluluk altında biriken prolin, çözünür şekerler, glisin betain ve diğer uyumlu çözünenler hücresel su dengesinin korunmasına katkı sağlayabilir. Ancak bu bileşiklerin varlığı tek başına tolerans göstergesi değildir; bazı durumlarda stres hasarının biyokimyasal sonucu olarak da artabilirler. Burada asıl kritik nokta, ilk stres maruziyetinde oluşan ozmotik düzenleme izinin sonraki su kısıtı koşullarında daha hızlı devreye girip girmediğidir. Tablo 1. Harris, Amtmann ve Ton (2023), priming sürecinde epigenetik değişimlerin kısa ya da uzun süreli hafızaya katkı sağlayabileceğini, fakat bu ilişkinin birçok durumda nedensellik düzeyinde hâlâ dikkatle test edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Bu uyarı, siyez ve gernik buğdayı için de geçerlidir: ozmotik hafıza iddiası, prolin artışı gibi tekil göstergelerle değil, zaman serisi, tekrar stres düzeni ve gen ekspresyonu verileriyle desteklenmelidir.

Antioksidan yanıtların yeniden düzenlenmesi, stres hafızasının biyokimyasal yüzünü oluşturur. Tuzluluk ve su kısıtı altında ROS üretimi kaçınılmazdır; fakat ROS yalnızca hasar molekülü değildir, uygun düzeylerde sinyal işlevi de görebilir. Bitkinin başarısı, ROS'u tamamen ortadan kaldırmasından çok, onu hücresel sinyal ile oksidatif yıkım arasındaki hassas çizgide yönetebilmesine bağlıdır. Tablo 1. Amini ve diğerleri, (2023), sentetik ve ekmeklik buğday germplazmında yaptıkları çalışmada kuraklık hafızasını tarla koşullarında incelemiş; primer kuraklık deneyimi geçiren bitkilerde antioksidan sistemin daha etkin çalıştığını ve genotipler arasında stres hafızası tepkisinin belirgin biçimde değiştiğini rapor etmiştir. Bu sonuç, antik buğdaylar için önemli bir okuma sunmaktadır: Siyez ve gernikte beklenen şey tek tip tolerans değil, antioksidan savunmanın stres geçmişine göre yeniden ayarlanma kapasitesidir.

Kök gelişiminde plastisite, stres hafızasının morfolojik düzeyde okunabileceği en güçlü alanlardan biridir. Kök, tuzluluk ve su kısıtını aynı anda algılayan ilk dokudur; iyon birikimi, düşük su potansiyeli ve lokal oksijen değişimleri kökün büyüme yönünü, dallanma yoğunluğunu ve kök/sürgün dengesini yeniden şekillendirebilir. Tablo 1. Kuraklık primingi üzerine yapılan buğday odaklı derlemelerde kök mimarisinin, özellikle kök derinliği, kök çapı, kök dağılımı ve kök biyokütlesi gibi özellikler üzerinden kazanılmış stres toleransında merkezi rol oynadığı belirtilmiştir (Wang ve diğerleri, 2023). Siyez ve gernik buğdayında bu alan daha keskin bir değer taşır; çünkü bu iki formun antik genetik arka planı, modern yüksek verimli çeşitlerden farklı kök stratejileri geliştirmiş olabilir. Bu varsayım doğrudan kabul edilmemeli, kök fenotipleme, rizotron görüntüleme, hidroponik tarama ve kontrollü ardışık stres protokolleriyle test edilmelidir.

Gen ekspresyonu ve epigenetik izler, abiyotik stres hafızasını basit fizyolojik alışma tepkisinden ayıran daha derin katmanı temsil eder. DNA metilasyonu, histon modifikasyonları, kromatin açıklığı ve küçük RNA aracılı düzenlemeler, stres sonrası bazı gen bölgelerinin sonraki uyarılara daha duyarlı hâle gelmesine katkı sağlayabilir. Harris ve diğerleri, (2023), priming ile ilişkili epigenetik değişimlerin stres deneyimini "kaydetme" kapasitesiyle bağlantılı olabileceğini, fakat bu değişimlerin bitki performansı üzerindeki nedensel etkilerinin yeni deneysel araçlarla daha sıkı sınanması gerektiğini belirtmiştir. Bu çerçeve, siyez ve gernikte abiyotik stres hafızasının gelecekte transkriptom, metilom ve metabolom verileriyle birlikte ele alınmasını zorunlu kılar. Sadece fizyolojik gözlemle yetinen bir okuma, başlığın vaat ettiği mekanizma temelli derinliği veremez Tablo 1.

Tuzluluk sonrası su kısıtına yanıt verme kapasitesi, bu derlemenin özgün iddiasını taşıyan ana düğümdür. Tuz stresi, bitkide ozmotik düzenleme, iyon seçiciliği ve ROS kontrolü üzerinden bir hazırlık zemini oluşturabilir; ancak aynı maruziyet, enerji tüketimini artırarak sonraki su kısıtı karşısında büyüme maliyeti de yaratabilir. Bu yüzden "tuzluluk bitkiyi kuraklığa hazırlar" gibi düz bir önerme bilimsel açıdan yetersizdir Tablo 1. Daha doğru soru şudur: Tuzlulukla tetiklenen fizyolojik ve moleküler izler, siyez ve gernik buğdayında sonraki su kısıtı yanıtını hangi eşik değerden sonra koruyucu, hangi eşik değerden sonra yıpratıcı hâle getirir? Liu ve diğerleri, (2022), stres hafızası ve çapraz tolerans yaklaşımlarında hafızanın süresi, kalıcılığı ve uygulama ölçeğinin hâlâ çözülmesi gereken temel konular olduğunu vurgulamıştır. Bu vurgu, antik buğdaylarda yapılacak yeni çalışmalar için güçlü bir araştırma boşluğu ortaya koymaktadır.

Bu bölümün merkezinde yer alan kavramsal katkı şudur: Siyez ve gernik buğdayı, tuzluluk ve su kısıtı çalışmalarında yalnız stres toleransı tarama materyali olarak konumlandırılmamalıdır. Bu iki antik buğday formu, stres hafızasının nasıl oluştuğunu, hangi fizyolojik göstergelerle okunabileceğini, hangi biyokimyasal eşiklerden sonra avantaj ya da maliyet ürettiğini ve modern buğday ıslahına hangi mekanizmalar üzerinden katkı verebileceğini tartışmak için özel bir model alanı sunmaktadır. Böyle bir okuma, antik genetik mirası durağan bir geçmiş anlatısı olmaktan çıkarır; onu stres biyolojisinin güncel, sınanabilir ve editöryal değeri yüksek bir araştırma eksenine dönüştürür.

Tablo 1. Siyez ve gernik buğdayında abiyotik stres hafızasının çok katmanlı okuma çerçevesi

Stres hafızası katmanı	Temel gösterge	Tuzlulukla ilişkisi	Su kısıtıyla ilişkisi	Siyez–gernik için yorum değeri
Fizyolojik hafıza	Bağıl su içeriği, stomal iletkenlik, fotosentetik etkinlik	Kök çevresinde su alımı sınırlandığında erken ozmotik yanıt gelişebilir	Su kaybı, stomal kapanma ve turgor kontrolü belirginleşir	Genotiplerin stres sonrası toparlanma kapasitesi karşılaştırılabilir
Ozmotik hafıza	Prolin, çözünür şeker, glisin betain	Hücre içi ozmotik düzenleme ve membran koruması öne çıkar	Hücresel su dengesi ve turgor devamlılığı desteklenebilir	Tuz sonrası su kısıtı yanıtı için ana mekanizma adayıdır
Antioksidan hafıza	SOD, CAT, APX, POD, MDA, H_2O_2	İyon toksisitesi ROS üretimini artırabilir	Dehidrasyon ROS dengesini bozar	Hasar azaltma ile sinyal düzenleme ayrımı yapılmalıdır
Kök plastisitesi	Kök uzunluğu, kök hacmi, kök/sürgün oranı	Tuzlu bölgelerden kaçınma veya iyon seçiciliği gelişebilir	Daha derin ya da daha yoğun köklenme stratejileri görülebilir	Antik genetik mirasın en görünür fenotipik alanlarından biridir
Moleküler hafıza	Stres ilişkili gen ekspresyonu, transkripsiyon faktörleri	İyon taşıyıcıları ve ozmotik yanıt genleri etkinleşebilir	ABA ilişkili sinyal yolları ve dehidrasyon yanıt genleri öne çıkar	Karşılaştırmalı transkriptom çalışmaları için güçlü zemin sunar
Epigenetik hafıza	DNA metilasyonu, histon modifikasyonları, kromatin açıklığı	Ön stres maruziyeti sonraki yanıt eşiğini değiştirebilir	Tekrarlayan su kısıtı altında gen yanıtı hızlanabilir	Henüz açık araştırma boşluğu taşır; özgünlük değeri yüksektir

3. Siyez ve Gernik Buğdayının Antik Genetik Mirası: Adaptasyon Potansiyelinin Evrimsel Arka Planı

Siyez ve gernik buğdayı, modern tahıl üretiminde çoğu zaman "antik", "yerel" ya da "geleneksel" nitelikleriyle anılmaktadır. Bu tanımlama yüzeyde doğru görünse de bilimsel açıdan yetersizdir. Çünkü bu iki buğday formunun değeri, geçmişte yetiştirilmiş olmalarından değil, uzun süreli çevresel seçilim süreçleri içinde taşıdıkları genetik, fizyolojik ve morfolojik izlerden kaynaklanmaktadır. Siyez (*Triticum monococcum*), diploid genom yapısıyla en eski evcilleştirilmiş buğday türlerinden biri olarak kabul edilirler. Ahmed ve diğerleri, (2023), siyez genom analizlerinde bu türün yaklaşık 10.000 yıl önce Bereketli Hilal'de tarımın kuruluş evresinde merkezi bir rol oynadığını ve modern ekmeklik buğdayın A alt genomunda siyez kökenli yaklaşık %1'lik bir katkı bulunduğunu bildirmiştir. Bu veri, siyezin yalnız tarihsel bir tahıl formu olmadığını; modern buğday genomunda hâlâ iz bırakan evrimsel bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Gernik ya da emmer buğdayı (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*), tetraploid genom yapısıyla buğday evriminde diploid formlar ile daha karmaşık poliploid buğdaylar arasında kritik bir ara basamağı temsil etmektedir. Siyez buğdayı (*Triticum monococcum*) diploid düzeyde daha yalın bir genomik arka plan sunarken, gernik A ve B genomlarını birlikte taşıyan allotetraploid yapısı üzerinden daha geniş bir genetik ve fizyolojik varyasyon alanı açar. Bu fark, iki antik buğdayın stres yanıtlarının aynı kavramsal çerçevede fakat türlere özgü mekanizmalar dikkate alınarak değerlendirilmesini gerekli kılar. Diploid siyezde genetik yanıtların daha doğrudan izlenebilmesi teorik olarak mümkünken, tetraploid gernikte homoeolog gen ekspresyonu, gen dozajı, genomlar arası etkileşim ve allelik çeşitlilik daha karmaşık bir yanıt mimarisi oluşturabilir Şekil 2. Bu nedenle siyez ve gernik, "antik buğday" başlığı altında birlikte değerlendirilebilecek materyaller olsa da stres hafızası, iyon homeostazı, kök plastisitesi ve ozmotik uyum bakımından aynı biyolojik davranışı gösterecekleri varsayılmamalıdır (Dubcovsky & Dvorak, 2007; Feldman & Levy, 2012; Miroshnichenko ve diğerleri, 2018; He ve diğerleri, 2022).

Evcilleştirme süreci, bitki tarihinde yalnız verim artışı ya da hasat kolaylığı sağlayan morfolojik değişimlerden ibaret değildir. Bu süreç, aynı zamanda bazı genetik varyasyonların korunması, bazılarının elenmesi ve bazı adaptif özelliklerin üretim sistemi içinde görünmez hâle gelmesi anlamına gelir. Kilian ve diğerleri, (2007), siyezde 321 yabani ve 92 evcil hat üzerinde yürüttükleri moleküler çeşitlilik analizinde, evcil siyezde nükleotid ve haplotip çeşitliliğinin beklenenin aksine belirgin biçimde daralmadığını; hatta evcil siyezdeki çeşitliliğin yabani kardeş grup olan β ırkına kıyasla yüksek olduğunu rapor etmiştir. Bu bulgu, siyez gen havuzunun yoğun modern ıslah darboğazlarından uzak kalması nedeniyle bazı evrimsel varyasyonları daha az süzülmüş biçimde korumuş olabileceğini düşündürmektedir.

Bu noktada dikkatli bir ayrım yapılmalıdır: Genetik çeşitliliğin korunmuş olması, doğrudan yüksek verim ya da mutlak stres toleransı anlamına gelmez. Daha doğru yorum, bu çeşitliliğin çevresel dalgalanmalara karşı farklı yanıt stratejileri geliştirme potansiyeli taşıdığıdır. Katamadze ve diğerleri, (2023), buğday ataları ve modern çeşitler üzerinden yürütülen geriye dönük çalışmaların, evcilleştirme ve ıslah sürecinde göz ardı edilmiş ya da düşük öncelikli kalmış özellikleri açığa çıkarabileceğini belirtmiştir. Bu bakış açısı, siyez ve gernik buğdayının derlemedeki konumunu netleştirir: Bu materyaller "geçmişten gelen dayanıklı tahıllar" olarak değil, modern buğday biyolojisinin açıklamakta zorlandığı adaptif yanıtların izlenebileceği biyolojik arşivler olarak değerlendirilmelidir.

Siyez buğdayının coğrafi yayılımı da adaptasyon potansiyeli açısından özel bir anlam taşır. Brandolini, Volante ve Heun (2016), 136 yerel siyez hattı, 9 yabani siyez ve 3 *Triticum urartu* materyaliyle yaptıkları DArT-seq analizinde, evcil siyez formlarının Karacadağ Dağları ile ilişkilendirilen köken alanına işaret eden genetik ayrışma gösterdiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada Avrupa'ya yayılan evcil siyez hatlarında farklı coğrafi kümelenmelerin belirlenmesi, bu türün tarımsal yayılım sırasında tekdüze kalmadığını; yerel koşullara bağlı genetik ayrışma süreçleri geçirdiğini düşündürmektedir. Bu durum, siyezde stres hafızası ve çevresel uyum kapasitesinin coğrafi köken, yerel seleksiyon ve üretim geçmişiyle birlikte okunması gerektiğini gösterir.

Gernik buğdayının evrimsel değeri ise özellikle yabani emmer gen havuzuyla ilişkisi üzerinden daha iyi anlaşılır. Yabani emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*), durum ve ekmeklik buğdayın A ve B genomları için önemli bir evrimsel kaynak olarak kabul edilmektedir. Balla ve diğerleri, (2022), yabani emmer çeşitliliğinden türetilmiş hatlarda ısı stresi toleransı ile ilişkili marker–özellik bağlantıları belirlemiş; bazı olumlu allellerin elit durum buğdayı materyalinde bulunmadığını ya da nadir olduğunu ortaya koymuştur Şekil 2. Bu sonuç, gernik ve ilişkili emmer gen havuzunun çevresel streslere uyum açısından modern ıslah materyallerinde zayıflamış olabilecek allelik varyasyonu yeniden gündeme taşıyabileceğini göstermektedir.

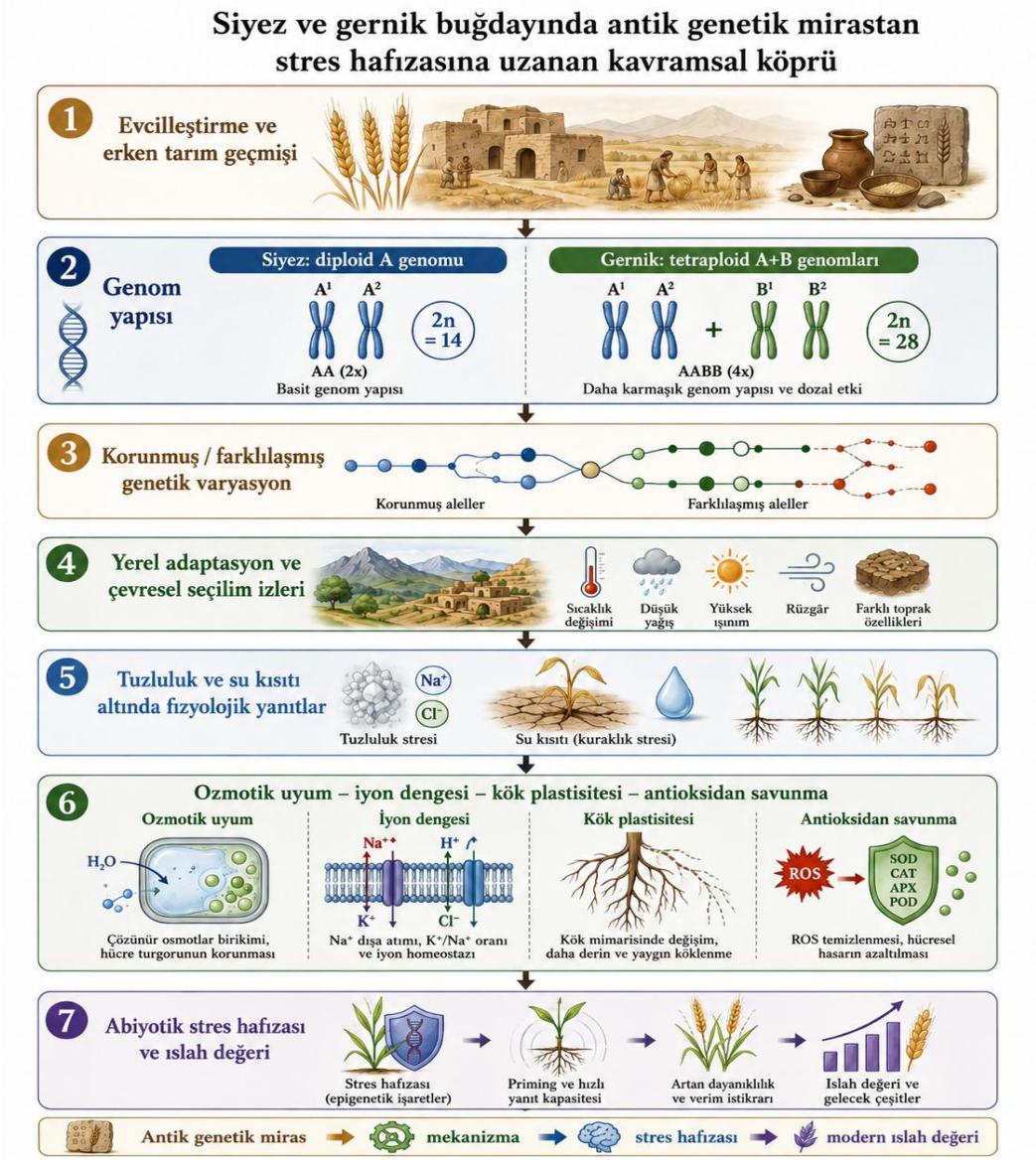
Bununla birlikte, "antik" kavramının bilimsel metinde kontrolsüz biçimde yüceltilmesi, kavramsal nesnelliği zayıflatabilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilebilmektedir. Shewry ve Hey (2015), antik buğdayların modern buğdaylara kıyasla sağlık ve bileşim açısından üstün olduğu yönündeki genellemelerin sınırlı veriyle desteklendiğini, mevcut karşılaştırmalı çalışmaların birçok bileşen bakımından keskin farklar göstermediğini belirtmiştir. Bu uyarı, stres biyolojisi açısından da geçerlidir. Siyez ve gernik buğdayını doğrudan "daha dayanıklı" ilan etmek yerine, hangi stres tipinde, hangi gelişme döneminde, hangi genotipte ve hangi fizyolojik gösterge üzerinden avantaj taşıyabileceğini tartışmak gerekir. Böyle bir yaklaşım, makalenin editöryal gücünü artırır; çünkü iddiayı abartmadan, mekanizmaya dayalı bir özgünlük alanı kurar Şekil 2.

Bu bölümün temel savı, antik genetik mirasın doğrudan yüksek verim performansından çok, çevresel dalgalanmalara verilen esnek yanıtlar açısından değer taşıdığıdır. Modern buğday ıslahı, uzun süre boyunca verim, kalite, hasat kolaylığı ve geniş adaptasyon hedefleriyle ilerlemiştir. Bu başarı, tarımsal üretim açısından tartışılmazdır; fakat aynı süreç bazı yerel, fizyolojik ve mikro-adaptif özelliklerin geri planda kalmasına yol açmış olabilir Şekil 2. Siyez ve gernik buğdayı, bu noktada dar anlamda "alternatif ürün" olmaktan çıkar; stres hafızasının genetik ve fizyolojik temelini anlamak için kullanılabilecek karşılaştırmalı model materyallere dönüşür.

Bu bakış, özellikle tuzluluk ve su kısıtı bağlamında önemlidir. Tuzluluk kök bölgesinde düşük su potansiyeli, iyon dengesizliği ve oksidatif gerilim yaratırken; su kısıtı stomal kontrol, kök derinliği,

hücresel turgor ve fotosentetik süreklilik üzerinde baskı oluşturur Şekil 2. Antik genetik miras, bu iki stres alanına karşı tek bir savunma sistemi üretmez; daha olası senaryo, farklı genotiplerin farklı yanıt kombinasyonları geliştirmesidir. Siyezde daha yalın genomik yapı, bazı mekanizmaların izlenmesini kolaylaştırabilir. Gernikte tetraploid yapı, daha geniş allelik çeşitlilik ve genomlar arası düzenleme üzerinden farklı tolerans profilleri doğurabilir. Bu nedenle bu derlemede siyez ve gernik, birbirinin yerine geçen iki "antik tahıl" olarak değil, stres hafızası kuramını farklı genom düzeylerinde sınamaya imkân veren iki ayrı biyolojik zemin olarak ele alınmalıdır Şekil 2.

Sonuç olarak, siyez ve gernik buğdayının antik genetik mirası, nostaljik bir tarım anlatısından çok daha fazlasını ifade eder. Bu miras; evcilleştirme tarihi, genetik çeşitlilik, yerel adaptasyon, genom yapısı ve stres yanıtı arasında kurulan karmaşık bir ilişkiler ağıdır. Derlemenin özgün değeri de tam burada belirginleşir: Siyez ve gernik buğdayı, yüksek verim iddiasıyla değil, çevresel stresleri algılama, yanıtı düzenleme, önceki stres izlerini taşıma ve sonraki maruziyetlere farklı tepki verme olasılığıyla yeniden okunmalıdır. Böylece antik genetik miras, geçmişi anlatan statik bir kavram olmaktan çıkar; tuzluluk ve su kısıtı altında abiyotik stres hafızasını anlamaya yönelen dinamik bir araştırma çerçevesine dönüşür.



Şekil 2. Siyez ve gernik buğdayında abiyotik stres hafızasının çok katmanlı okuma çerçevesi

4. Tuzluluk Stresinde Mekanizma Temelli Yanıtlar: İyon Dengesi, Ozmotik Düzenleme ve Hücresel Koruma

Tuzluluk stresi, buğdayda çoğu zaman NaCl birikiminin doğrudan toksik etkisiyle açıklansa da bu yaklaşım stresin erken fizyolojik evresini sınırlı biçimde yansıtır. Bitki tuzluluğu ilk aşamada kök çevresinde düşen su potansiyeli üzerinden algılar. Bu nedenle tuzluluğun başlangıç etkisi, iyon zehirlenmesinden önce su alımının sınırlandırılması, hücre genişlemesinin yavaşlaması ve kök–sürgün büyüme dengesinin yeniden düzenlenmesiyle belirginleşir. Lindberg (2023), yüksek tuzluluğun ozmotik stres ve iyon toksisitesi oluşturduğunu, bu iki etkinin oksidatif stresle birleşerek çok aşamalı bir yanıt ağı meydana getirdiğini belirtmiştir. Bu çerçeve, siyez ve gernik buğdayında tuzluluğun kuraklıktan bağımsız bir stres başlığı olarak değil, su kısıtıyla kesişen ortak bir fizyolojik zemin üzerinden değerlendirilmesini gerekli kılar.

Siyez ve gernik buğdayında tuzluluk yanıtının en hassas evrelerinden biri çimlenme ve erken fide gelişimidir. Bu dönemde kök sistemi henüz tam gelişmediğinden su alımı sınırlıdır; hücresel bölünme ve uzama süreçleri çevresel gerilimlere açıktır. Aslan, Zencirci, Etöz, Ordu ve Bataw (2016), ekmeklik buğday ve siyez materyallerini NaCl stresi altında karşılaştırmış; koleoptil uzunluğu, kök taze ağırlığı ve kök kuru ağırlığının özellikle yüksek tuz dozlarında gerilediğini bildirmiştir. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin siyez hatlarına kıyasla daha iyi performans göstermesi, "antik buğday = otomatik stres toleransı" kabulünün bilimsel açıdan sorunlu olduğunu gösterir. Bu nedenle siyez, mutlak dayanıklılık etiketiyle değil, genotip bazlı yanıt çeşitliliği üzerinden okunmalıdır.

Na^+/K^+ dengesinin korunması, tuzluluk toleransının temel biyokimyasal ve fizyolojik göstergelerinden biridir. Na^+ birikimi enzim sistemleri ve membran potansiyeli üzerinde baskı oluştururken, K^+ kaybı protein sentezi, stomal işlev, ozmotik denge ve metabolik sürekliliği zayıflatır. Tolerant genotiplerde başarı, Na^+'un bütünüyle dışlanmasından çok Na^+ alımının sınırlandırılması, sitozolden uzaklaştırılması, vakuolde bölmelendirilmesi ve K^+ sürekliliğinin korunmasıyla ilişkilidir. Lindberg (2023), buğday ve diğer önemli bitkilerde Na^+, Cl^- ve K^+ hareketlerinin tuz algılama, Ca^{2+} sinyali, pH değişimi ve aşağı akış metabolik düzenlemelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu yaklaşım, gernik buğdayında iyon dengesinin yalnız kök alımıyla açıklanamayacağını; taşıyıcı proteinler, membran stabilitesi ve hücresel bölmelendirme düzeyinde incelenmesi gerektiğini ortaya koyar Tablo 2.

Kök bölgesindeki iyon seçiciliği, siyez ve gernik buğdayı için özel bir yorum alanı oluşturur. Tuzlu ortamda kök, su alımını sürdürürken Na^+ ve Cl^- girişini sınırlandırmak zorundadır. Bu süreç pasif bir bariyer davranışı değil; kök epidermisi, korteks, endodermis ve ksilem yükleme noktalarında düzenlenen seçici bir taşıma mimarisidir Tablo 2. Aslan ve diğerleri, (2016), siyez ve ekmeklik buğdaylarda tuz uygulamalarının kök uzunluğu, kök ağırlığı ve koleoptil gelişiminde ayrışan yanıtlar oluşturduğunu göstermiştir. Bu bulgu, erken kök performansının tuzluluk toleransı tartışmasında merkezî bir gösterge olduğunu ortaya koyar. Siyez açısından kök, yalnız büyüme organı değil, stres hafızasının ilk kayıt alanı olarak da değerlendirilebilir.

Ozmotik düzenleme, tuzluluğun su kısıtıyla kesiştiği en belirgin mekanizmadır. Tuzlu ortamda kök dışındaki su potansiyeli düştüğünde bitki, hücre içi turgoru korumak için uyumlu çözünenleri artırabilir. Prolin, çözünür şekerler, glisin betain ve bazı organik asitler hücresel su dengesinin korunmasına, protein stabilitesine ve membran bütünlüğünün desteklenmesine katkı verir Tablo 2. Ancak prolin artışı her koşulda tolerans göstergesi olarak yorumlanmamalıdır; bazı genotiplerde ağır stres hasarının biyokimyasal izi de olabilir. İlhan, Yazıcılar, Geyik, Atıcı ve Bezirganoğlu (2024), iki Türk gernik çeşidinde NaCl uygulamalarına karşı prolin, çözünür şeker, H_2O_2 ve MDA düzeylerinin genotipe göre farklılaştığını; Çarçıoğlu çeşidinin prolin artışı ve oksidatif hasarı sınırlama yönünden Duraklı çeşidine göre daha güçlü yanıt verdiğini bildirmiştir. Bu sonuç, gernikte ozmotik düzenlemenin çeşit düzeyinde ayrıştığını göstermektedir Tablo 2.

Çözünür şekerler tuzluluk altında enerji kaynağı olmanın ötesinde osmotik denge, karbon yeniden dağılımı, ROS kontrolü ve hücresel sinyal süreçlerinde görev alır. Stres şiddeti arttığında fotosentetik karbon kazanımı azalabilir; bu durumda çözünür şeker düzeyindeki düşüş, bitkinin ozmotik koruma kapasitesini sınırlayabilir. İlhan ve diğerleri (2024), gernik kallus kültürlerinde tuz uygulamalarının genel olarak çözünür şeker içeriğini azalttığını, bu azalmanın Duraklı çeşidinde daha belirgin olduğunu

rapor etmiştir. Bu bulgu, çözünür şekerlerin statik bir koruyucu molekül olarak değil, genotipin enerji dengesi ve stres maliyetiyle ilişkili dinamik bir yanıt bileşeni olarak ele alınması gerektiğini gösterir.

Membran stabilitesi, tuzluluk stresinde hücresel korumanın belirleyici katmanlarından biridir. Na^+ ve Cl^- birikimi lipid peroksidasyonunu artırarak membran geçirgenliğini bozabilir; MDA düzeyi bu hasarın yaygın göstergelerinden biri olarak kullanılır Tablo 2. H_2O_2 ise düşük ve kontrollü düzeylerde sinyal işlevi görebilirken, yüksek düzeylerde hücresel yıkımı hızlandırır. İlhan ve diğerleri, (2024), Çarçıoğlu gernik çeşidinin özellikle 150 mM tuz altında H_2O_2 ve MDA içeriklerini azaltabildiğini, Duraklı çeşidinde bu etkinin zayıf kaldığını belirtmiştir. Bu ayrışma, gernik buğdayında tuzluluk toleransının iyon dışlama kapasitesinin yanı sıra oksidatif yükü membran düzeyinde sınırlama becerisine de bağlı olduğunu düşündürür.

Klorofil kaybı ve fotosentetik gerileme, tuzluluğun büyüme üzerindeki görünür sonuçları arasındadır. Tuzluluk, stomal kapanma ve su alımındaki gerileme nedeniyle CO_2 difüzyonunu sınırlar; iyon birikimi kloroplast işlevini bozar, ROS artışı fotosistem bileşenlerini zedeler. Seleiman ve diğerleri, (2021), buğdayda tuz stresinin fotosentez, membran yapısı, hormonal denge, su–besin alımı ve oksidatif durum üzerinde geniş ölçekli bozulmalar oluşturduğunu vurgulamıştır. Bu nedenle siyez ve gernik buğdayında fotosentetik gerileme, kökten başlayan ozmotik kısıtın yaprak metabolizmasına taşınmış bir yansıması olarak okunmalıdır Tablo 2.

Antioksidan enzim aktivitesi, tuzluluk ile su kısıtı arasındaki mekanistik köprünün önemli halkalarından biridir. SOD, CAT, APX ve POD gibi enzimler ROS birikimini kontrol altında tutarak hücresel hasarın büyümesini sınırlar. Ancak antioksidan kapasitenin düzeyi tek başına yeterli değildir; yanıtın zamanlaması, doku özgüllüğü ve stres süresi belirleyicidir. Pehlivan Karakaş (2016), kavuzlu siyez ve ekmeklik buğdaylarda tuzluluk ile PEG kaynaklı ozmotik stresin erken fide büyümesi ve antioksidan aktivite üzerinde anlamlı farklılıklar oluşturduğunu bildirmiştir. -1.0 MPa ozmotik basınç altında bazı tohumların çimlenmesine rağmen erken fide gelişimini sürdürememesi, çimlenme başarısı ile stres altında gerçek büyüme kapasitesinin aynı anlama gelmediğini gösterir Tablo 2.

Fenolik bileşikler ve antioksidan potansiyel, antik buğdaylarda tuz yanıtının metabolik kalite boyutunu da gündeme getirir. Falcinelli ve diğerleri, (2017), siyez cv. Monlis ve gernik cv. Zefiro materyallerinden elde edilen filiz ve buğday çimlerinde tuzluluğun toplam fenolik içerik, indirgeme gücü, radikal süpürme aktivitesi ve TBARS oluşumunu engelleme kapasitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir Tablo 2. Çalışmada tuzluluğun etkisinin gelişme dönemine ve genotipe bağlı değiştiği; 100 mM NaCl uygulamasında siyez materyalinin buğday çimi aşamasına ulaşma oranının daha yüksek seyrettiği, gernik materyalinde büyümenin belirgin biçimde sınırlandığı rapor edilmiştir. Bu sonuç, antik buğdaylarda tuz yanıtının metabolik savunma, büyüme maliyeti ve gelişme dönemi ekseninde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koyar.

Tuzlulukta stres hafızası fikri, bu mekanizmaların ardışık ve ilişkili biçimde düşünülmesiyle anlam kazanır. İlk tuz maruziyeti kökte düşük su potansiyeli algısını başlatır; ardından iyon seçiciliği, prolin ve şeker metabolizması, ROS kontrolü, membran stabilitesi ve fotosentetik ayarlamalar devreye girer. Bu yanıtların bir bölümü geçici savunma refleksi olarak kalabilir; bir bölümü sonraki su kısıtı deneyiminde daha hızlı çalışan fizyolojik hazırlığa dönüşebilir Tablo 2. Siyez ve gernik buğdayı için temel araştırma boşluğu bu noktada belirir: Tuzlulukla tetiklenen ozmotik ve antioksidan düzenleme sonraki su kısıtında koruyucu bir hafıza mı yaratır, yoksa enerji ve büyüme maliyeti nedeniyle bitkiyi daha kırılgan bir eşikte mi bırakır?

Bu bölümün temel çıkarımı açıktır: Tuzluluk, siyez ve gernik buğdayında tek boyutlu bir iyon toksisitesi olayı değildir. Kök bölgesinde başlayan su potansiyeli düşüşü, Na^+/K^+ dengesinin korunması, ozmotik düzenleyici birikimi, membran bütünlüğünün savunulması, klorofil ve fotosentez kayıplarının sınırlandırılması, antioksidan sistemin zamanında devreye girmesi ve iyon seçiciliğinin korunmasıyla çok katmanlı bir yanıt alanı oluşturur Tablo 2. Bu yanıt alanı, su kısıtıyla ortak bir fizyolojik dile sahiptir. Bu nedenle siyez ve gernik buğdayında tuzluluk, kuraklıkla bağlanacak izole bir stres olarak değil, abiyotik stres hafızasının ilk kaydını oluşturabilecek güçlü bir hazırlık ya da yıpranma eşiği olarak ele alınmalıdır.

Tablo 2. Siyez ve gernik buğdayında tuzluluk stresine verilen mekanizma temelli yanıtların su kısıtıyla kesişim alanları

Mekanizma alanı	Tuzluluk altında temel süreç	Su kısıtıyla kesişen yön	Siyez–gernik için yorum değeri
Na^+/K^+ dengesi	Na^+ birikiminin sınırlandırılması, K^+ sürekliliğinin korunması	Stomal işlev, enzim aktivitesi ve hücre turgoru etkilenir	Genotiplerin iyon seçiciliği karşılaştırılabilir
Kök iyon seçiciliği	Na^+ ve Cl^- girişinin kontrolü, ksilem yüklemesinin düzenlenmesi	Kök su alımı ve hidrolik süreklilikle bağlantılıdır	Erken fide döneminde kritik tarama ölçütü oluşturur
Ozmotik düzenleme	Prolin, çözünür şeker ve uyumlu çözünenlerin değişimi	Hücresel su dengesi ve turgor korunumu ile ilişkilidir	Tuz sonrası su kısıtı yanıtı için ana hafıza adayıdır
Membran stabilitesi	Lipid peroksidasyonu ve MDA düzeyinin kontrolü	Dehidrasyon altında membran bütünlüğü korunmalıdır	Hücresel koruma kapasitesini gösterir
Fotosentetik süreklilik	Klorofil kaybı, stomal kapanma ve karbon asimilasyonunda azalma	Su kısıtı altında benzer stomal ve metabolik kısıtlar oluşur	Yaprak düzeyindeki stres maliyetini açıklar
Antioksidan savunma	SOD, CAT, APX, POD aktivasyonuyla ROS kontrolü	Kuraklıkta oksidatif yük artar	Çapraz tolerans ve stres hafızası için güçlü göstergedir
Metabolik kalite yanıtı	Fenolikler ve antioksidan bileşikler değişebilir	Stres metabolizması büyüme maliyetiyle birlikte okunur	Antik buğdaylarda kalite–stres ilişkisini açar

5. Su Kısıtı Yanıtları: Kök Mimari Plastisitesi, Stoma Kontrolü ve Ozmotik Uyum

Su kısıtı, buğdayda basit bir "su eksikliği" durumu olarak okunmamalıdır. Bitki açısından bu süreç, kökten yaprağa uzanan hidrolik sürekliliğin yeniden ayarlandığı, karbon kazanımı ile su kaybı arasındaki dengenin zorlandığı ve büyüme önceliklerinin değiştiği karmaşık bir fizyolojik evredir. Tuzlulukta kök bölgesindeki düşük su potansiyeli nasıl ilk alarmı oluşturuyorsa, su kısıtında da rizosferden başlayan hidrolik gerilim bitkinin tamamına yayılan bir yanıt mimarisi kurar. Bu nedenle siyez ve gernik buğdayında su kısıtı, yalnız büyüme azalması üzerinden değil; kök mimarisi, stoma davranışı, yaprak su durumu, hücre turgoru ve ozmotik düzenleme birlikte değerlendirilerek ele alınmalıdır. Bacher ve diğerleri, (2022), su kısıtı altında bitkinin toprak–bitki–atmosfer sürekliliğini koruma becerisinin kök su girişi, stoma iletkenliği, buhar basıncı açığı ve günlük su kullanım ritmiyle ilişkili olduğunu göstermiştir Şekil 3. Bu yaklaşım, antik buğdaylarda stres yanıtını statik bir tolerans özelliği yerine dinamik bir su yönetimi problemi olarak tartışmaya açar.

Kök uzunluğu ve kök/hava aksamı dengesi, su kısıtı yanıtının en erken okunabilen morfolojik göstergeleri arasında yer alır. Su sınırlı olduğunda bitki, karbon kaynaklarını yaprak genişlemesinden kök sistemine doğru kaydırabilir; ancak bu yönelim her genotipte aynı düzeyde gerçekleşmez. Bacher, Zhu ve diğerleri, (2021), yabani emmer introgressiyon hattı taşıyan durum buğdayı materyalinde su stresi sırasında kök/sürgün oranında belirgin bir kayma oluştuğunu, bu değişimin kök transkriptom profili ve büyüme dinamikleriyle bağlantılı olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, gernik ve yabani emmer gen havuzunun su kısıtı koşullarında kök–sürgün karbon dağılımını yeniden ayarlayabilen değerli bir varyasyon taşıyabileceğini düşündürür Şekil 3. Siyez açısından ise diploid yapı, kök yanıtlarının daha yalın bir genetik arka planda izlenmesine olanak verebilir; bu ifade bir kesinlik değil, deneysel olarak sınanması gereken güçlü bir hipotezdir.

Kök mimari plastisitesi yalnız daha uzun kök oluşturmak anlamına gelmez. İnce kök üretimi, kök yüzey alanı, kök çapı, derinlik dağılımı ve kök biyokütlesinin metabolik maliyeti bu yanıtın gerçek değerini belirler. Brunel-Saldias ve diğerleri, (2020), ilkbaharlık buğday genotiplerinde su kısıtı altında ince kök üretiminin, büyük ve kalın kök sistemlerinden daha etkin su alımına katkı sağlayabildiğini

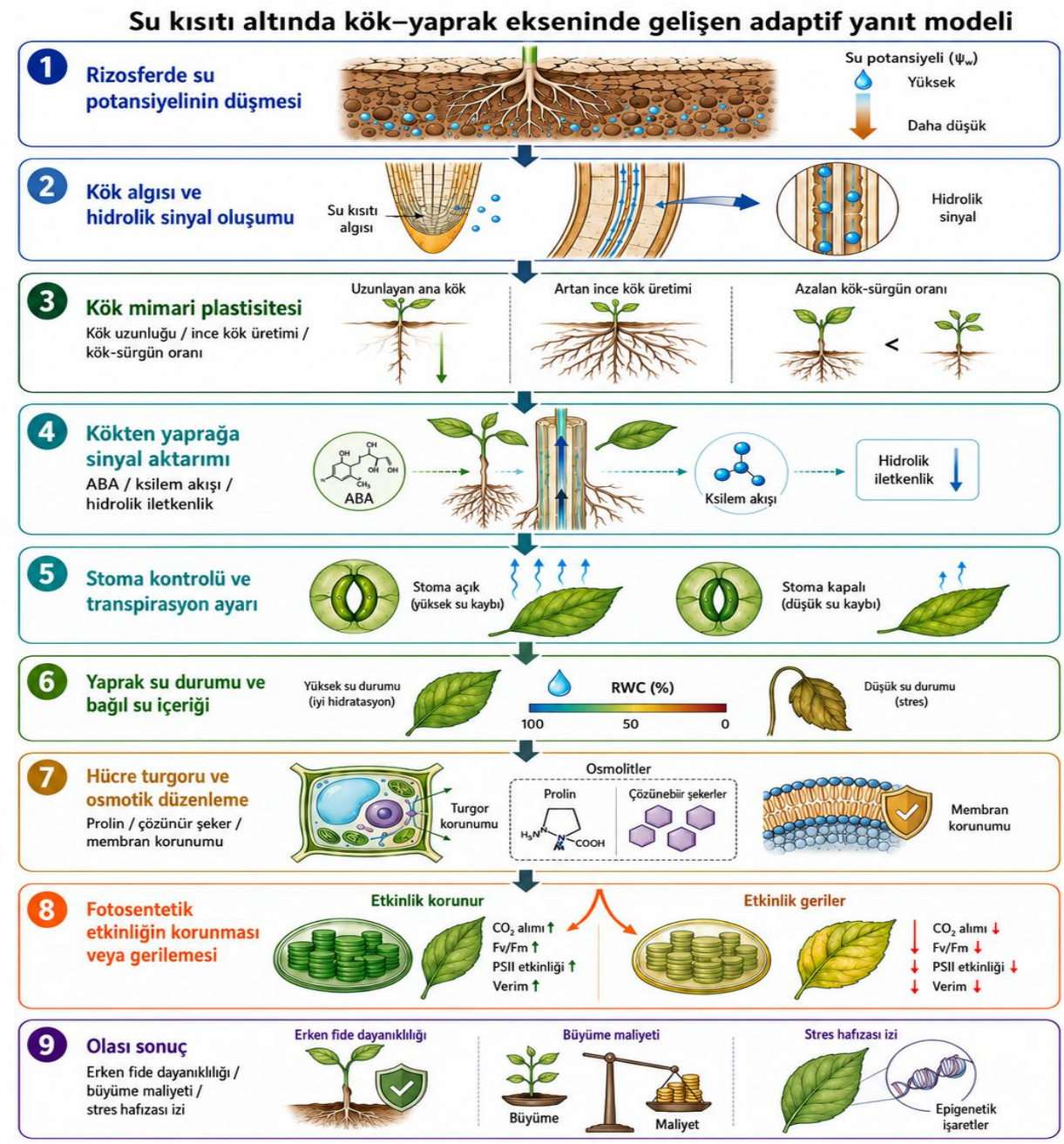
vurgulamıştır. Aynı çalışmada kök mimarisi ile yaprak izotop imzalarının birlikte değerlendirilmesinin bitki su durumunu açıklamada daha yararlı olduğu belirtilmiştir. Bu bulgu siyez ve gernik için önemli bir uyarı taşır: kök uzunluğu tek başına yeterli ölçüt değildir; kökün suyu hangi derinlikten, hangi maliyetle ve hangi zaman aralığında aldığı da araştırma tasarımına dâhil edilmelidir Şekil 3.

Erken fide dönemi, su kısıtı yanıtlarının en kırılgan aşamalarından biridir. Bu evrede kök sistemi henüz sınırlı hacimdedir; sürgün büyümesi çevresel gerilime hızla tepki verir; çimlenme başarısı ile gerçek fide dayanıklılığı arasında belirgin fark oluşabilir Şekil 3. Pehlivan Karakaş (2016), kavuzlu siyez ve ekmeklik buğdaylarda PEG ile oluşturulan ozmotik basınç altında erken fide gelişiminin ciddi biçimde sınırlandığını; bazı tohumların 1.0 MPa düzeyinde çimlenmesine rağmen fide gelişimini sürdüremediğini rapor etmiştir. Bu sonuç, siyezde su kısıtı tartışmasının yalnız çimlenme yüzdesiyle yürütülemeyeceğini gösterir. Çimlenen tohumun kök uzatma, sürgün başlatma, turgoru koruma ve antioksidan sistemi devreye alma kapasitesi ayrı ayrı okunmalıdır.

Aslan, Ordu, Göre, Akın ve Zencirci (2018), ekmeklik buğday ve siyez materyallerinde çimlenme evresi su kıtlığını incelemiş; kurak koşullara uyarlanmış ekmeklik buğday çeşitlerinin, daha nemli Karadeniz kökenli siyez popülasyonlarına göre daha iyi yanıt verebildiğini bildirmiştir. Bu bulgu bölümün en kritik denge noktasını oluşturur. Siyez buğdayı antik genetik miras taşıdığı için otomatik olarak su kısıtına dayanıklı kabul edilmemelidir. Daha doğru yorum şudur: siyezde yanıt, popülasyonun coğrafi kökeni, yerel seçilim geçmişi, gelişme evresi ve stres şiddetiyle birlikte değişir Şekil 3. Bu yaklaşım derlemenin bilimsel güvenilirliğini artırır; çünkü "antik buğday dayanıklıdır" şeklindeki kolay genellemeyi mekanizma temelli tartışmaya dönüştürür.

Stoma kapanması, su kısıtı altında bitkinin en hızlı savunma reflekslerinden biridir. Stomaların kapanması transpirasyonu azaltır; fakat aynı anda CO_2 girişini sınırlar ve fotosentetik karbon kazanımını düşürür Şekil 3. Bu ikilem, su tasarrufu ile büyüme arasında hassas bir denge oluşturur. Bacher ve diğerleri, (2022), yabani emmer kökenli introgressiyon hattı IL20'nin su kısıtı altında erken sabah saatlerinde daha yüksek kök su girişi ve gaz değişimi sürdürebildiğini, bu davranışın düşük buhar basıncı açığı altında daha verimli bir su kullanım penceresi yarattığını göstermiştir. Bu sonuç, stoma kontrolünün yalnız "kapanma" üzerinden açıklanamayacağını ortaya koyar; doğru zamanlama, atmosferik talebe duyarlılık ve kök su akışının yaprak gaz değişimini destekleme kapasitesi en az stoma açıklığı kadar önemlidir.

Yaprak su durumu ve bağıl su içeriği, su kısıtına verilen yanıtın hücre düzeyine en yakın fizyolojik göstergeleri arasında yer alır. Bağıl su içeriği yüksek kalan genotipler, turgor kaybını geciktirebilir; yaprak dokusunda metabolik süreklilik daha uzun süre korunabilir. Fakat bu gösterge tek başına yorumlandığında yanıltıcı olabilir. Düşük yaprak alanı nedeniyle su kaybını sınırlayan bir genotip yüksek bağıl su içeriği gösterebilir; aynı genotip düşük karbon kazanımı nedeniyle büyüme kapasitesini kaybetmiş olabilir. Bu nedenle siyez ve gernik çalışmalarında bağıl su içeriği, yaprak alanı, stomal iletkenlik, klorofil floresansı, kök biyokütlesi ve kuru madde dağılımı ile birlikte değerlendirilmelidir. Pehlivan ve Karakaş (2016), erken fide parametreleri ile antioksidan göstergelerde belirgin farklılıklar bulunduğunu rapor ederek bu çoklu ölçüm yaklaşımının gerekliliğini desteklemiştir Şekil 3.



Şekil 3. Su kısıtı altında kök–yaprak ekseninde gelişen adaptif yanıt model

Fotosentetik etkinlik, su kısıtı altında çoğu zaman ilk kaybedilen fizyolojik lükslerden biridir. Bitki suyu korumak için stomaları kapattığında CO_2 alımı azalır; klorofil bütünlüğü bozulduğunda ışık enerjisinin kullanımı aksar; elektron taşıma zincirindeki dengesizlik ROS üretimini artırabilir. Bu nedenle fotosentezdeki gerileme tek bir yaprak parametresi değil, kök su alımı, stomal kontrol, hücresel turgor ve antioksidan savunmanın ortak sonucudur. Bacher ve diğerleri, (2022), su kısıtı altında kök su girişi ile yaprak gaz değişimi arasındaki günlük ritmin genotipe bağlı değiştiğini ortaya koyarak, fotosentetik performansın kökten bağımsız yorumlanamayacağını göstermiştir. Siyez ve gernik bağlamında bu sonuç çok değerlidir; çünkü antik genetik mirasın gerçek işlevi, yaprakta ölçülen fotosentetik hızdan önce kökün bu yaprak faaliyetine su sağlayıp sağlayamadığıyla anlaşılabilir Şekil 3.

Hücre turgoru, su kısıtı yanıtının sessiz merkezidir. Turgor kaybı hücre genişlemesini durdurur, meristem aktivitesini yavaşlatır ve genç dokularda büyümenin yönünü değiştirir. Bitki bu kaybı

sınırlamak için prolin, çözünür şekerler ve diğer uyumlu çözünenleri kullanabilir; fakat bu moleküllerin artışı yine doğrudan tolerans kanıtı olarak okunmamalıdır. Daha doğru yaklaşım, ozmotik düzenleyicilerin turgor korunumu, membran stabilitesi ve büyümenin devamlılığı ile birlikte yorumlanmasıdır. Pehlivan Karakaş, Bozat, Aslan ve Zencirci (2018), siyez ve ekmeklik buğdaylarda su açığı ile tuz stresinin gelişim parametreleri ve antioksidan mekanizmalar üzerinde çeşitlenen etkiler oluşturduğunu bildirmiştir. Bu çalışma, antik buğdaylarda ozmotik ve oksidatif yanıtların büyüme çıktılarıyla birlikte okunması gerektiğini destekler.

Kök kaynaklı sinyaller, su kısıtı yanıtlarında çoğu zaman gözden kaçırılan fakat mekanizma temelli derleme açısından güçlü bir alan oluşturur. Kök, su potansiyelindeki düşüşü ilk algılayan dokulardan biridir; bu algı hormonal sinyaller, hidrolik mesajlar ve karbon dağılımındaki değişikliklerle yaprağa taşınır. ABA aracılı stoma kontrolü, kök hidrolik iletkenliği ve ksilem akışı bu iletişim ağının temel bileşenleri arasında yer alır. Bacher ve diğerleri, (2022), su kısıtında kök su akışının yaprakların atmosferik koşullara verdiği yanıtla ilişkili olduğunu göstererek, kök ve yaprağın ayrı ayrı değil, zamanlaması değişen tek bir hidrolik sistem içinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur Şekil 3. Gernik ve yabani emmer kökenli materyaller, bu kök–yaprak iletişiminin genetik altyapısını çözümlemek için güçlü bir pencere sunabilir.

Siyez ve gernik karşılaştırmasında en dikkatli kurulması gereken nokta genom yapısı ile stres yanıtı arasındaki ilişkidir. Siyez, diploid yapısıyla daha sade bir genetik düzen sunar; bu durum bazı kök ve ozmotik yanıtların izlenmesini kolaylaştırabilir. Gernik ise tetraploid arka planı nedeniyle daha geniş allelik varyasyon ve genomlar arası düzenleme potansiyeli taşıyabilir. Fakat bu iki önerme doğrudan tolerans sonucu üretmez. Bacher ve diğerleri, (2021), yabani emmer introgressiyonlarının durum buğdayında su kısıtı altındaki kök/sürgün büyüme dinamiklerini değiştirebildiğini gösterirken, Aslan ve diğerleri, (2018) siyez popülasyonlarının köken ve adaptasyon geçmişine bağlı olarak beklenenden daha hassas yanıt verebildiğini bildirmiştir. Bu iki bulgu birlikte okunduğunda, antik buğdaylarda su kısıtı toleransının tür adına değil, genotipin taşıdığı fonksiyonel varyasyona bağlı olduğu anlaşılır.

Su kısıtı altında erken fide dayanıklılığı, çimlenme kabiliyeti, kök uzaması, sürgün büyümesi, turgor korunumu ve oksidatif denge arasında kurulan hassas bir eşiktir. Bu eşik aşıldığında bitki çimlenmiş olsa bile fide sistemini kuramaz; kök gelişimi zayıflar, sürgün büyümesi durur, fotosentetik yüzey oluşmadan büyüme potansiyeli kaybedilir. Zencirci, Ulukan, Ordu, Aslan, Mutlu ve Örgeç (2019), siyez ve ekmeklik buğdaylarda tuz, soğuk ve kuraklık streslerinin çimlenme oranı, koleoptil uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, kök taze ve kuru ağırlığı gibi göstergeleri farklı düzeylerde etkilediğini rapor etmiştir. Bu veri, erken gelişme döneminin antik buğdaylarda stres hafızası açısından kritik bir kayıt evresi olabileceğini düşündürür; fakat bu kayıt, genotipe ve stres şiddetine göre koruyucu ya da maliyetli bir iz bırakabilir.

Bu bölümün ana çıkarımı şudur: Siyez ve gernik buğdayında su kısıtı, yaprakta görülen solgunluk ya da sürgün büyümesindeki azalma ile sınırlandırılamaz. Kök mimari plastisitesi, kök/hava aksamı oranı, stoma davranışının zamanlaması, bağıl su içeriği, hücresel turgor, fotosentetik süreklilik ve kök kaynaklı sinyaller aynı fizyolojik ağın farklı yüzleridir. Bu ağın çalışma biçimi, tuzluluk bölümünde tartışılan ozmotik gerilim ve antioksidan düzenleme ile doğrudan kesişir. Dolayısıyla su kısıtı, bu derlemede tuzluluktan sonra gelen ikinci bir stres başlığı değil; abiyotik stres hafızasının hangi koşulda işlevsel bir hazırlık, hangi koşulda büyüme maliyeti yarattığını anlamak için gerekli tamamlayıcı eksendir.

6. Tuzluluk ve Su Kısıtı Arasındaki Ortak Mekanizmalar: Çapraz Tolerans ve Stres Hafızası Olasılığı

Tuzluluk ve su kısıtı tarımsal üretimde çoğu kez ayrı stres başlıkları altında incelense de bitki hücresi düzeyinde bu ayrım her zaman keskin değildir. Tuzluluk, kök çevresindeki su potansiyelini düşürerek su alımını sınırlar; su kısıtı ise hidrolik sürekliliği doğrudan bozar. Her iki durumda hücre turgorunu korumak, metabolik akışı sürdürmek ve oksidatif yükü dengelemek zorundadır. Bu ortak zemin, tuzluluk ve su kısıtının "ozmotik gerilim çekirdeği" üzerinden birlikte okunmasını mümkün kılar. Ma ve diğerleri, (2020), kuraklık ve tuzluluk yanıtlarının tür, genotip, bitki yaşı, stresin ilerleme hızı, şiddeti ve süresine göre değiştiğini; bu değişkenlerin adaptasyon ya da aklimasyon kapasitesini belirlediğini

vurgulamıştır. Bu çerçeve, siyez ve gernik buğdayında stres hafızası tartışmasının tek doz, tek dönem ve tek parametre üzerinden kurulamayacağını gösterir.

Bu bölümün temel sorusu, tuzlulukla tetiklenen ozmotik ve antioksidan yanıtların sonraki su kısıtı koşullarında koruyucu bir fizyolojik iz bırakıp bırakmadığıdır. Bu soru, "tuzluluk bitkiyi kuraklığa hazırlar mı?" biçiminde basitleştirilmemelidir. Daha güçlü bilimsel okuma, önceki tuz maruziyetinin hangi eşikte hazırlık etkisi, hangi eşikte metabolik yıpranma oluşturduğunu tartışmaktır. Liu ve diğerleri, (2022), stres hafızası ve tohum primingi yaklaşımlarının kuraklık toleransıyla ilişkili olduğunu; stres hafızasının çapraz tolerans oluşturabileceğini, ancak hafızanın süresi ve fizyolojik maliyetinin deneysel bağlama bağlı kaldığını belirtmiştir. Siyez ve gernik açısından burada asıl özgünlük, tuzluluk deneyiminin sonraki su kısıtında koruyucu bir priming etkisi mi, yoksa büyüme kapasitesini sınırlayan bir ön hasar mı bıraktığını sorgulamaktır.

Ortak ozmotik zemin, prolin ve çözünür şekerlerin yorumunu daha dikkatli hâle getirir. Bu bileşikler hücre içi su dengesinin korunmasına, protein stabilitesine ve membran bütünlüğüne katkı verebilir; fakat artışları tek başına tolerans kanıtı değildir. Ağır stres koşullarında prolin birikimi, koruyucu uyumdan çok hücresel hasarın biyokimyasal izi olarak da yükselebilir. Bu yüzden siyez ve gernik buğdayında prolin, çözünür şeker ve benzeri uyumlu çözünenler; kök büyümesi, bağıl su içeriği, MDA düzeyi, elektrolit sızıntısı ve fotosentetik süreklilikle birlikte değerlendirilmelidir. Fu ve diğerleri, (2023), kışlık buğday çeşitlerinde PEG, NaCl ve birleşik PEG+NaCl streslerinin kök morfolojisi, azot–karbon dengesi, antioksidan enzimler, ozmotik düzenleme, Na^+/K^+ değişimleri ve kök hidrolik iletkenliği üzerinde farklı etkiler oluşturduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, birleşik streslerin basit toplamsal etkiler üretmediğini; kök su iletimi ve iyon dengesi üzerinden yeni bir fizyolojik tablo kurduğunu göstermektedir Şekil 4.

ROS üretimi, tuzluluk ile su kısıtı arasındaki en güçlü ortak biyokimyasal dillerden biridir. Her iki stres de elektron taşınım zincirlerinde dengesizlik, membran gerilimi, kloroplast ve mitokondri kaynaklı oksidatif yük artışıyla ilişkilidir. Burada kritik nokta, ROS'un yalnız zararlı bir yan ürün olarak görülmemesidir Şekil 4. Kontrollü ROS üretimi sinyal değeri taşır; aşırı birikim ise lipid peroksidasyonu, protein oksidasyonu ve fotosistem hasarıyla sonuçlanır. Qiu ve diğerleri, (2021), buğdayda TaASR1-D geninin ROS birikimi ve ABA sinyallemesi üzerinden çoklu abiyotik stres direncini etkilediğini, transgenik materyalde ozmotik ve kuraklık streslerine karşı toleransın arttığını rapor etmiştir. Bu sonuç, buğdayda ROS–ABA bağlantısının stres hafızası ve çapraz tolerans tartışmaları için güçlü bir mekanistik pencere sunduğunu göstermektedir Şekil 4.

Antioksidan yanıtların çapraz düzenlenmesi, bu pencerenin işlevsel tarafını oluşturur. Tuzluluk sırasında devreye giren SOD, CAT, APX ve POD gibi enzimler, sonraki su kısıtında daha hızlı ya da daha dengeli bir savunma yanıtı üretebilir. Ancak bu hazırlık etkisi mutlak değildir. Stres şiddeti arttığında antioksidan sistemin uyarılması yerine tükenmesi de mümkündür Şekil 4. Amini ve diğerleri, (2023), sentetik ve ekmeklik buğday germplazmında kuraklık hafızasının antioksidan sistem, fizyolojik göstergeler ve morfolojik sonuçlar bakımından genotiplere göre ayrıştığını bildirmiştir. Bu bulgu, siyez ve gernik için önemli bir uyarı taşır: stres hafızası tür adına genellenmemeli; genotip, stres geçmişi, toparlanma aralığı ve gelişme dönemiyle birlikte okunmalıdır.

ABA aracılı sinyal yolları, tuzluluk ve su kısıtını aynı fizyolojik ağ içinde birleştiren ana düzenleyicilerden biridir. Kök bölgesinde düşük su potansiyeli algılandığında ABA sinyali stomal iletkenliği sınırlar, transpirasyonu azaltır ve su kullanımını yeniden düzenler. Tuzlulukta bu yol iyon dengesi ve ozmotik ayarlama ile birlikte çalışır; su kısıtında yaprak gaz değişimi ve hidrolik süreklilik üzerinde belirleyici hâle gelir. Rossatto ve diğerleri, (2023), vejetatif dönemde tuz primingi yapılan pirinç bitkilerinde tane dolum dönemindeki su stresine karşı daha düşük elektrolit sızıntısı, fotosentetik aygıtta daha az hasar ve artmış kök büyümesi gözlendiğini bildirmiştir. Çalışma pirinç üzerinde yürütülmüş olsa da tuz priminginin sonraki su stresine verilen yanıtı hormonal, fizyolojik ve transkripsiyonel düzeyde değiştirebileceğini göstermesi bakımından siyez–gernik derlemesi için güçlü bir kavramsal dayanak sunar.

Kök mimarisinin ardışık streslere uyumu, çapraz toleransın morfolojik yüzünü oluşturur. Tuzluluk sırasında kök, iyonca yoğun mikro-ortamlardan kaçınma, seçici iyon alımı ve kök/sürgün dengesini

yeniden düzenleme eğilimi gösterebilir. Su kısıtında ise daha derin, daha ince ya da daha düşük maliyetli kök sistemleri avantaj sağlayabilir Şekil 4. Fu ve diğerleri, (2023) tarafından bildirilen kök hidrolik iletkenliği değişimleri, kök sisteminin iki stres arasında pasif bir taşıyıcı değil, aktif bir karar alanı gibi çalıştığını düşündürmektedir. Siyezde diploid yapı, bu kök yanıtlarının daha yalın bir genetik zeminde izlenmesine olanak tanıyabilir; gernikte tetraploid arka plan, farklı allelik kombinasyonlar üzerinden daha geniş bir plastisite alanı yaratabilir. Bu ifade kesin hüküm değil, gelecek çalışmalar için test edilebilir bir araştırma ekseni olarak değerlendirilmelidir.

Çapraz tolerans kavramı, dikkatli kullanılmadığında fazla iddialı bir anlatıya dönüşebilir. Ön stres maruziyeti bitkinin sonraki çevresel sınırlamaya daha güçlü yanıt vermesini sağlayabilir; fakat aynı maruziyet karbon kaybı, büyüme yavaşlaması, membran hasarı veya iyon birikimi nedeniyle sonraki stresi daha ağır hâle getirebilir. Bu nedenle stresin sırası, süresi, şiddeti ve toparlanma aralığı çapraz toleransın oluşup oluşmayacağını belirleyen temel değişkenlerdir. Kambona ve diğerleri, (2023), tekrarlayan kuraklık koşullarında stres hafızasının fizyolojik, moleküler ve düzenleyici ağlarla ilişkili olduğunu; ancak bu hafızanın bitki türü, gelişme dönemi ve stres rejimine bağlı olarak değişebileceğini vurgulamıştır. Bu bakış, siyez ve gernikte tuzluluk sonrası su kısıtı deneylerinin düşük–orta–yüksek tuz düzeyleri, toparlanma süresi ve ikinci stresin gelişme dönemindeki konumu dikkate alınmadan yorumlanmaması gerektiğini gösterir Şekil 4.

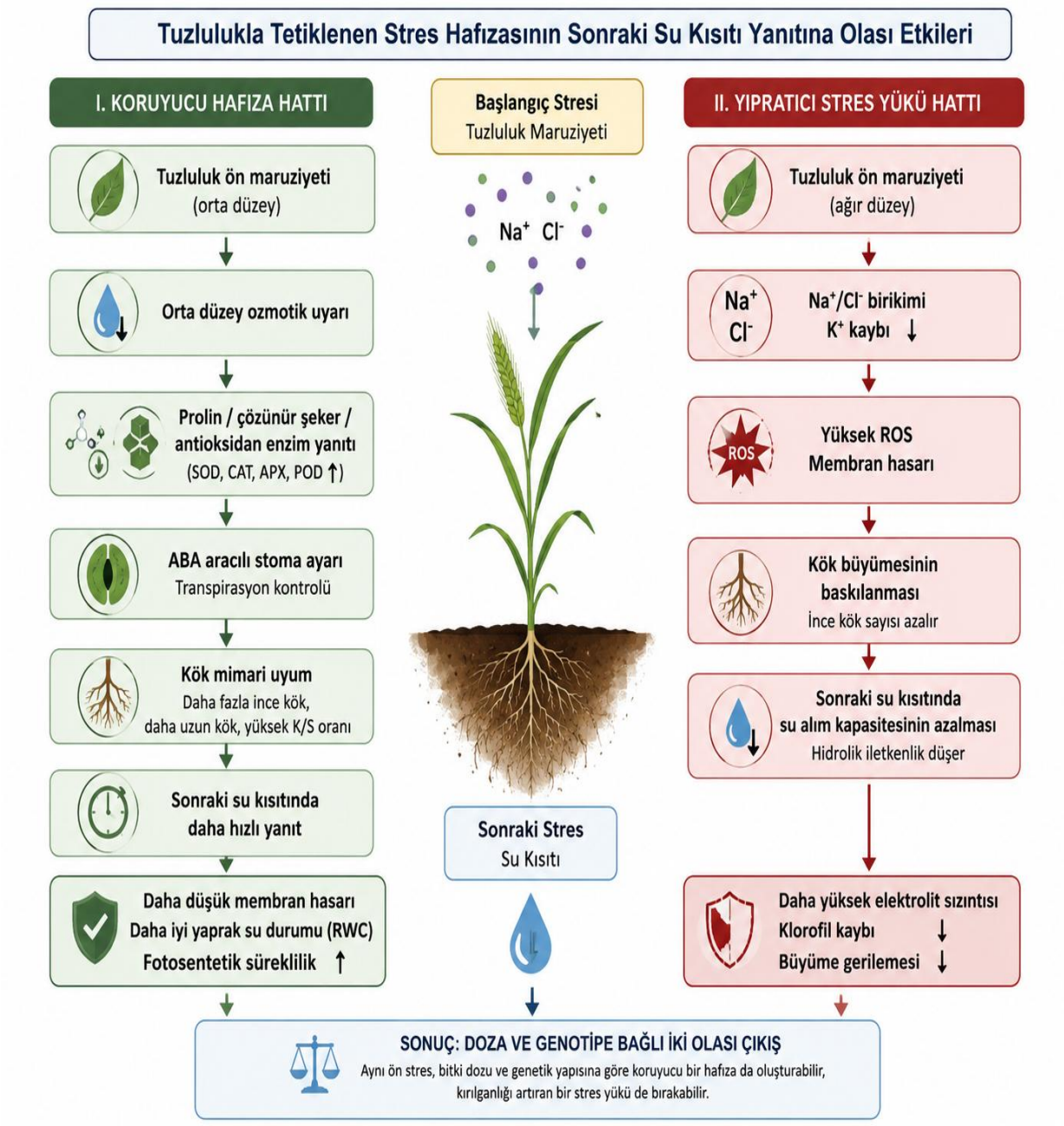
Bu noktada "hafıza eşiği" kavramı, derlemenin özgün katkılarından biri olarak önerilebilir. Hafıza eşiği, önceki stres deneyiminin bitkiye koruyucu bir hazırlık kazandırdığı sınır ile metabolik maliyet yarattığı sınır arasındaki geçiş alanını ifade eder. Hafif ya da orta düzey stres maruziyeti, sonraki stres karşılaşmasında daha hızlı ozmotik düzenleme, daha dengeli antioksidan yanıt ve daha etkin kök–yaprak iletişimi sağlayabilir. Buna karşılık stres şiddeti yükseldiğinde aynı ön maruziyet, iyon toksisitesi, membran bozulması, karbon kaybı ve fotosentetik gerileme üzerinden bitkiyi ikinci stres karşısında daha kırılgan hâle getirebilir Şekil 4. Bu nedenle siyez ve gernik materyalleri "dayanıklı–hassas" ikiliğine sıkıştırılmak yerine, hangi stres geçmişinde hangi fizyolojik eşiği geçtiği bakımından değerlendirilmelidir (Liu ve diğerleri, 2022; Fu ve diğerleri, 2023; Kambona ve diğerleri, 2023).

Prolin, çözünür şekerler, MDA, H_2O_2, bağıl su içeriği, kök büyümesi ve fotosentetik süreklilik bu eşik tartışmasının birlikte okunması gereken göstergeleridir. Tuzluluk sonrası su kısıtı altında prolin ve çözünür şeker artışı düşük MDA, korunmuş kök büyümesi, daha yüksek bağıl su içeriği ve sürdürülebilir fotosentetik etkinlikle birlikte görülüyorsa, bu tablo koruyucu hafıza lehine yorumlanabilir. Buna karşılık yüksek prolin düzeyi büyüme kaybı, elektrolit sızıntısı, klorofil azalması ve artmış oksidatif hasarla birlikte ilerliyorsa, bu durum hafızadan çok stres yükünü işaret edebilir. Bu ayrım, siyez ve gernik çalışmalarında biyokimyasal verinin agronomik ve fizyolojik göstergelerden koparılmaması gerektiğini açık biçimde gösterir Şekil 4. (Ma ve diğerleri, 2020; Qiu ve diğerleri, 2021; Fu ve diğerleri, 2023).

Siyez ve gernik buğdayı açısından en ilgi çekici senaryo, tuzlulukla başlayan ozmotik hazırlığın su kısıtı altında kök–yaprak iletişimini yeniden şekillendirmesidir. İlk stres kökte iyon seçiciliği, ABA sinyali, ozmotik düzenleyici birikimi ve antioksidan savunmayı uyardığında, ikinci stres sırasında stoma yanıtı daha hızlı ayarlanabilir; yaprak su durumu daha uzun süre korunabilir; fotosentetik gerileme gecikebilir. Tersi bir senaryo da mümkündür: ilk stres kök büyümesini zayıflatırsa, ikinci stres sırasında su alımı daha erken çöker. Bu iki olasılığı aynı metinde tutmak, derlemenin bilimsel ciddiyetini artırır Şekil 4. Güçlü bir derleme hipotezi dayatmaz; mekanizmanın hangi koşullarda çalışabileceğini tartışır (Liu ve diğerleri, 2022; Rossatto ve diğerleri, 2023; Kambona ve diğerleri, 2023).

Sonuç olarak, tuzluluk ve su kısıtı siyez ve gernik buğdayında iki bağımsız stres başlığı gibi değil; ortak ozmotik, oksidatif, hormonal ve kök mimari ağlar üzerinden değerlendirilmelidir. Çapraz tolerans olasılığı makalenin iddialı tarafını, stres hafızası ise bu iddianın mekanizma temelli açıklama alanını oluşturur. Tuzlulukla tetiklenen yanıtların sonraki su kısıtı altında koruyucu bir iz bırakması mümkündür; ancak bu etki genotip, stres şiddeti, maruziyet süresi, toparlanma aralığı ve gelişme dönemine bağlıdır. Siyez ve gernik buğdayı, bu çok değişkenli ilişkinin çözümlenmesi için değerli bir model alanı sunar Şekil 4. Antik genetik miras burada geçmişe ait durağan bir özellik değil, ardışık stres deneyimlerinin nasıl kaydedildiğini anlamaya yarayan dinamik bir biyolojik zemin olarak okunmalıdır

(Ma ve diğerleri, 2020; Liu ve diğerleri, 2022; Amini ve diğerleri, 2023; Rossatto ve diğerleri, 2023; Kambona ve diğerleri, 2023).



Şekil 4. Tuzluluk ve su kısıtı arasında ortak mekanizmalar, çapraz tolerans göstergeleri ve olası hafıza yorumları

7. Islah ve Genetik Kaynak Değeri: Siyez ve Gernik Buğdayının Kurak Alan Tarımı İçin Yeniden Değerlendirilmesi

Siyez ve gernik buğdayının ıslah açısından değeri, doğrudan modern çeşitlerin yerine geçecek üretim materyalleri olmalarından kaynaklanmaz. Bu iki antik buğday formu, daha çok stres yanıtlarını çözümlemek, kaybolmaya yüz tutmuş allelik varyasyonu yeniden görünür kılmak ve modern buğday ıslahında daralan adaptasyon alanını genişletmek için önem taşır. Lopes ve diğerleri, (2015), buğday yerel çeşitlerinin köken aldıkları çevrelerle ilişkili özel adaptasyon özellikleri ve genetik çeşitlilik

kaynakları sunduğunu belirtmiştir. Bu yaklaşım, siyez ve gernik buğdayını nostaljik bir üretim öğesi olmaktan çıkarır; onları stres biyolojisi, genetik kaynak yönetimi ve ıslah stratejisi içinde işlevsel bir konuma taşır.

Modern buğday ıslahında yüksek verim, kalite, hastalık dayanımı ve geniş alan adaptasyonu uzun süre temel hedefler olarak öne çıkmıştır. Bu başarı üretim güvenliği açısından değerlidir; fakat seçilim baskısı bazı yerel adaptasyon özelliklerinin, kök mimarisi farklılıklarının ve erken dönem stres toleransı göstergelerinin geri planda kalmasına yol açmış olabilir. Bu nedenle siyez ve gernik, doğrudan verim üstünlüğü üzerinden değil, modern çeşitlerde eksik kalabilecek fizyolojik cevapları temsil eden genetik rezervler olarak değerlendirilmelidir. Mwadzingeni, Shimelis, Dube, Laing ve Tsilo (2016), buğdayda su kısıtına tolerans ıslahının karmaşık bir özellik olduğunu; fenotipik, biyokimyasal ve genomik seçim yaklaşımlarının birlikte kullanılmasını gerektirdiğini vurgulamıştır. Bu değerlendirme, antik buğdayların ıslah programlarına katkısını tek özellik aktarımıyla sınırlamayan daha geniş bir çerçeve sunar.

Yerel genetik kaynakların ıslah programlarına katkısı, özellikle çevresel dalgalanmaların arttığı kuru ve yarı kurak üretim sistemlerinde daha belirgin hâle gelmektedir. Yerel çeşitler, uzun süre boyunca düşük girdili, değişken yağışlı veya marjinal alanlarda çiftçi seçilimi ve çevresel baskılar altında korunmuş olabilir. Bu süreç, her genotipte doğrudan yüksek performans anlamına gelmez; ancak adaptasyonun farklı yollarını taşıyan genetik kombinasyonların varlığına işaret eder. Broccanello ve diğerleri, (2023), durum buğdayı yerel çeşitlerinin Akdeniz agroekosistemlerinde çevresel streslere uyum, moleküler marker geliştirme ve faydalı allellerin belirlenmesi açısından değerli bir kaynak oluşturduğunu bildirmiştir. Gernik buğdayı, tetraploid arka planıyla bu tartışmada özel bir ara konum sunar; çünkü modern durum buğdayı ıslahında değerlendirilebilecek A ve B genom varyasyonlarını taşır Tablo 3.

Siyez buğdayı için ıslah değeri daha farklı bir düzlemde okunmalıdır. Diploid yapı, bazı stres yanıtlarının genetik ve fizyolojik düzeyde daha sade bir sistem içinde izlenmesine olanak verebilir. Bu özellik, siyezin modern çeşitlere doğrudan aktarılacak hazır bir tolerans paketi olduğu anlamına gelmez. Daha doğru ifade şudur: Siyez, özellikle kök gelişimi, erken fide dayanıklılığı, ozmotik düzenleme ve stres sonrası toparlanma gibi mekanizmaların temel düzeyde incelenebileceği değerli bir model materyal olarak konumlandırılabilir. Yıldız ve diğerleri, (2021), Türkiye kökenli siyez materyallerinde genetik çeşitlilik düzeyinin buğday ıslahı bakımından anlamlı bir potansiyel taşıdığını rapor etmiştir Tablo 3. Bu veri, siyezin yerel genetik kaynak olarak yalnız korunması gereken bir miras değil, karakterize edilmesi ve fonksiyonel olarak taranması gereken bir araştırma materyali olduğunu düşündürür.

Gernik ve ilişkili yabani emmer gen havuzu, tuzluluk ve su kısıtı toleransı açısından daha geniş bir ıslah penceresi açar. Shavrukov, Langridge, Tester ve Nevo (2010), yabani emmer buğdayında tuzluluk toleransı, sodyum dışlama ve büyüme özellikleri bakımından geniş genetik çeşitlilik bulunduğunu göstermiştir. Bu bulgu, emmer kökenli materyallerin özellikle Na^+ dışlama, kök bölgesinde iyon seçiciliği ve tuzluluk altında büyümenin korunması gibi özellikler için taranabileceğini ortaya koyar Tablo 3. Balla ve diğerleri, (2022) ise yabani emmer çeşitliliğini kullanarak oluşturulan materyallerin kuraklık, tuzluluk ve kalite gibi ıslah hedefleri için değer taşıyabileceğini belirtmiştir. Bu iki çalışma birlikte değerlendirildiğinde, gernik/emmer gen havuzunun yalnız tarihsel açıdan değil, fonksiyonel allel madenciliği açısından da güçlü bir kaynak olduğu görülür.

Tuzluluk ve su kısıtına dayanıklılık açısından tarama materyali olarak siyez ve gernik kullanılırken ölçütlerin doğru seçilmesi gerekir. Çimlenme yüzdesi veya fide uzunluğu tek başına yeterli değildir. Tuzlulukta Na^+/K^+ oranı, kök iyon seçiciliği, MDA düzeyi, H_2O_2 birikimi, prolin ve çözünür şeker profili; su kısıtında kök/hava aksamı oranı, bağıl su içeriği, stomal iletkenlik, kök hidrolik iletkenliği ve fotosentetik süreklilik birlikte değerlendirilmelidir. Uzair ve diğerleri, (2022), 81 buğday genotipinde tuzluluk toleransının morfo-fizyolojik göstergelerle taranabileceğini ve genetik varyasyonun tuza dayanıklı materyal geliştirme açısından temel ölçüt olduğunu rapor etmiştir. Bu yaklaşım, siyez ve gernik için de geçerlidir; ancak antik materyallerde tarama, modern çeşitlerde kullanılan verim merkezli ölçütlerle sınırlanmamalıdır.

Erken gelişme dönemi stres toleransı, bu derlemenin ıslah açısından en kritik bağlantılarından biridir. Çünkü çimlenme, koleoptil gelişimi, kök uzaması ve ilk yaprak oluşumu; özellikle kuru alanlarda bitki

sıklığını, tarla çıkışını ve sezon başı rekabet gücünü belirler Tablo 3. Bu evredeki tolerans, sezon sonu verimi doğrudan garanti etmez; fakat zayıf fide kurulumu birçok üretim sisteminde geri döndürülemez kayıplara yol açabilir. Bu nedenle siyez ve gernik buğdayı, erken fide döneminde tuzluluk ve su kısıtı altında hızlı tarama panellerine alınmalı; stres hafızası açısından tekrarlı maruziyet ve toparlanma protokolleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Böyle bir yaklaşım, antik buğdayların "geleneksel materyal" olmaktan çıkarılıp modern fenotipleme sistemleriyle konuşan kaynaklara dönüştürülmesini sağlar.

Antik buğdaylardan modern çeşitlere aktarılabilecek özellikler doğrudan tek bir tolerans geniyle sınırlı değildir. Kök mimari plastisitesi, iyon seçiciliği, ozmotik düzenleme kapasitesi, antioksidan yanıtın zamanlaması, fotosentetik süreklilik ve stres sonrası toparlanma davranışı gibi çok bileşenli özellikler daha gerçekçi adaylardır. Bu noktada klasik melezleme, marker destekli seleksiyon, genomik seleksiyon, introgressiyon hatları ve yüksek verimli fenotipleme platformları birlikte düşünülmelidir. Lopes ve diğerleri, (2015), yerel çeşitlerin iklim değişikliğine uyum ıslahında biyokütle, bin dane ağırlığı ve çevreye özgü adaptasyon özellikleri bakımından kullanılabileceğini belirtmiştir. Siyez ve gernik için bu çıkarım daha da daraltılarak kök–su ilişkileri, tuzluluk altında iyon dengesi ve ardışık stres yanıtı gibi mekanizmalara yönlendirilebilir Tablo 3.

Marjinal alanlara uyum potansiyeli, bu materyallerin üretim sistemlerine katacağı en stratejik değeri temsil eder. Kuru alanlarda başarı, yüksek potansiyel verimden çok kararlı performans, erken dönemde güçlü fide kurulumu, kısıtlı suyla yaşayabilme ve çevresel dalgalanma altında fizyolojik çöküşü geciktirme kapasitesiyle ilgilidir. Van Frank ve diğerleri, (2020), buğday popülasyonlarında genetik çeşitliliğin verim ve protein içeriği bakımından zaman ve mekân içinde daha kararlı sonuçlarla ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Bu bulgu, siyez ve gernik gibi genetik açıdan farklılaşmış materyallerin doğrudan yüksek verim adayı olmaktan ziyade kararlılık, adaptasyon ve stres tamponlama kapasitesi bakımından değerlendirilmesi gerektiğini destekler.

Genotip × çevre etkileşimi, siyez ve gernik buğdayında yapılacak tüm ıslah değerlendirmelerinin merkezinde yer almalıdır. Bir genotip kontrollü koşullarda tuzluluğa iyi yanıt verebilir; aynı genotip tarla koşullarında su kısıtı, sıcaklık dalgalanması, toprak heterojenliği ve besin sınırlılığıyla karşılaştığında aynı performansı göstermeyebilir Tablo 3. Bu nedenle antik buğdayların kaynak değeri, tek lokasyonlu veya tek stresli denemelerle abartılmamalıdır. Çok lokasyonlu, çok yıllı, erken dönem ve sezon sonu parametrelerini birleştiren denemeler daha güvenilir sonuç verir. Mwadzingeni ve diğerleri, (2016), su kısıtına tolerans ıslahında çevre etkisi ve çok genli yapı nedeniyle bütünleşik yaklaşımların gerekli olduğunu belirtmiştir. Siyez ve gernik için bu gereklilik daha da güçlüdür; çünkü yerel adaptasyon potansiyeli çevreden bağımsız okunamaz.

Bu bölümde özellikle vurgulanması gereken nokta şudur: Siyez ve gernik buğdayı, stres toleransının doğrudan garantisi değildir. Bu materyallerin değeri, belirli koşullarda ortaya çıkabilecek mekanizmaların araştırılmasında, modern buğday ıslahının ihtiyaç duyduğu genetik çeşitliliğin genişletilmesinde ve tuzluluk–su kısıtı kesişiminde yeni seleksiyon ölçütlerinin geliştirilmesinde yatar. Antik genetik miras, eğer fenotipleme, moleküler karakterizasyon ve çevreye duyarlı seleksiyonla desteklenmezse, bilimsel bir avantaja dönüşmez Tablo 3. Buna karşılık doğru tarama çerçevesi kurulduğunda siyez ve gernik; erken fide dayanıklılığı, kök plastisitesi, iyon dengesi, ozmotik yanıt ve stres hafızası eksenlerinde modern ıslaha değerli ipuçları sunabilir.

Sonuç olarak buğday ıslahında siyez ve gernik buğdayının yeniden değerlendirilmesi, geçmişe dönüş anlamı taşımaz. Daha doğru tanım, modern buğdayın gelecekte karşılaşacağı tuzluluk, su kısıtı ve çevresel dalgalanma sorunlarına karşı daha geniş bir adaptasyon havuzu oluşturmaktır. Bu iki antik buğday formu, doğrudan üretim performansıyla değil, stres yanıtlarının nasıl örgütlendiğini göstermesiyle önemlidir. Derlemenin ana iddiası burada güçlenir: antik genetik miras, romantik bir dayanıklılık söylemi değil; mekanizma düzeyinde çözümlendiğinde ıslah programlarına yeni yön verebilecek bilimsel bir kaynak alanıdır.

Tablo 3. Siyez ve gernik buğdayının ıslah programlarında değerlendirilebilecek kaynak özellikleri

Islah değeri taşıyan alan	Siyez buğdayı için olası katkı	Gernik buğdayı için olası katkı	Modern ıslaha aktarım biçimi
Erken fide dayanıklılığı	Diploid arka planda kök ve koleoptil yanıtlarının izlenmesi	Tetraploid varyasyon içinde erken dönem stres toleransının taranması	Kontrollü tuzluluk ve su kısıtı taramaları
Kök mimari plastisitesi	Kök uzaması ve kök/sürgün dengesinde farklı yanıt kalıpları	Kök hacmi, kök derinliği ve kök hidrolik özelliklerinde varyasyon	Fenotipleme, rizotron, görüntü tabanlı kök analizleri
İyon seçiciliği	Na^+/K^+ dengesinin temel düzeyde incelenmesi	Na^+ dışlama ve kök–sürgün iyon dağılımında aday materyal	İyon profilleme, marker destekli seleksiyon
Ozmotik düzenleme	Prolin ve çözünür şeker yanıtlarının karşılaştırılması	Genotipe bağlı ozmotik uyum farklılıklarının belirlenmesi	Biyokimyasal tarama ve stres hafızası protokolleri
Antioksidan savunma	Erken stres yanıtının biyokimyasal çözümü	MDA, H_2O_2 ve enzim aktivitesi üzerinden çeşit ayrımı	Çoklu stres taraması
Marjinal alan uyumu	Yerel popülasyonların çevreye bağlı performansının sınanması	Kuru ve yarı kurak alanlarda tetraploid adaptasyon potansiyeli	Çok lokasyonlu ve çok yıllı denemeler
Genotip × çevre etkileşimi	Köken ve yerel seçilim geçmişinin etkisi	Çevreye bağlı fenotipik plastisite	Stabilite analizleri ve çevreye özgü seleksiyon

TARTIŞMA, SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Stres Hafızasından İklim Dirençli Buğday Stratejilerine

Siyez ve gernik buğdayı, tuzluluk ve su kısıtı yanıtları bakımından hâlâ yeterince çözümlenmemiş iki antik genetik kaynaktır. Bu durum, materyallerin sınırlı değer taşıdığı anlamına gelmez; bilimsel potansiyellerinin mekanizma düzeyinde henüz tam açığa çıkarılamadığını gösterir. Mevcut literatürde siyez çoğunlukla erken evcilleştirme, yerel çeşitlilik ve besinsel nitelikler üzerinden; gernik ise tetraploid genetik arka planı, yabani emmerle ilişkisi ve genetik kaynak değeri üzerinden ele alınmaktadır. Buna karşın bu iki buğday formunun abiyotik stres hafızası, ardışık stres yanıtı, kök–yaprak iletişimi, iyon seçiciliği ve ozmotik uyum bakımından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi belirgin bir araştırma boşluğu taşır. Bu derlemenin temel katkısı, siyez ve gernik buğdayını klasik "antik tahıl" anlatısının ötesine taşıyarak stres biyolojisinin mekanizma temelli tartışma alanına yerleştirmesidir (Bruce ve diğerleri, 2007; Liu ve diğerleri, 2022).

Bu çalışmada öne çıkan ana kuramsal nokta, tuzluluk ve su kısıtının birbirinden kopuk iki stres olayı gibi değerlendirilmemesi gerektiğidir. Tuzluluk kök bölgesinde düşük su potansiyeli oluşturur; su kısıtı ise hidrolik sürekliliği doğrudan sınırlar. Her iki durumda bitki turgoru korumaya, iyon dengesini düzenlemeye, ROS birikimini kontrol etmeye, membran bütünlüğünü sürdürmeye ve fotosentetik kapasiteyi tamamen kaybetmeden büyüme maliyetini yönetmeye çalışır. Bu ortak alan, derlemenin merkezindeki stres hafızası kavramını anlamlı hâle getirir. Çünkü önceki tuzluluk deneyimi, sonraki su kısıtı yanıtını değiştirebilir; ancak bu değişim her koşulda avantaj yönünde ilerlemez. Hafif ya da orta şiddetteki stres koruyucu bir hazırlık oluşturabilirken, ağır stres iyon toksisitesi, karbon kaybı ve oksidatif hasar üzerinden sonraki maruziyeti daha yıkıcı hâle getirebilir (Bruce ve diğerleri, 2007; Liu ve diğerleri, 2022; Kambona ve diğerleri, 2023).

Siyez ve gernik buğdayı için asıl mesele, "hangi materyal daha dayanıklıdır?" sorusuyla sınırlanmamalıdır. Daha güçlü soru, bu iki antik buğday formunun hangi stres geçmişi altında hangi fizyolojik hafıza izlerini oluşturduğu ve bu izlerin sonraki çevresel sınırlamalarda koruyucu mu, yoksa maliyetli mi çalıştığıdır. Siyez, diploid genom yapısı nedeniyle bazı stres yanıtlarının daha yalın bir genetik zeminde izlenmesine olanak sağlayabilir. Gernik ise tetraploid arka planı nedeniyle daha geniş allelik çeşitlilik ve genomlar arası düzenleme potansiyeli taşıyabilir. Fakat bu genomik farklılıklar

doğrudan tolerans sonucuna dönüştürülmemelidir. Tür adı, dayanıklılığın garantisi değildir; genotip, çevre, stres süresi, stres sırası ve gelişme dönemi birlikte değerlendirilmedikçe yapılacak yorum eksik kalır (Lopes ve diğerleri, 2015; Shavrukov ve diğerleri, 2010).

Bu derlemede tuzluluk ve su kısıtının ortak ozmotik, oksidatif, hormonal ve kök mimari ağlar üzerinden tartışılması, çalışmanın özgünlük merkezini oluşturur. Tuzlulukla tetiklenen prolin birikimi, çözünür şeker değişimi, antioksidan enzim aktivitesi, ABA sinyali ve kök mimari ayarlamalar, sonraki su kısıtı koşullarında olası bir çapraz tolerans zemini yaratabilir. Ancak aynı mekanizmalar yanlış eşikte stres yüküne dönüşebilir. Bu yüzden "hafıza eşiği" kavramı, siyez ve gernik buğdayında gelecek araştırmalar için güçlü bir teorik öneri olarak ele alınmalıdır. Hafıza eşiği, önceki stresin bitkiyi hazırladığı nokta ile yıprattığı nokta arasındaki biyolojik sınırı ifade eder. Bu sınırın belirlenmesi, antik buğdayların stres toleransı literatürüne sağlayacağı en önemli katkılardan biri olabilir (Liu ve diğerleri, 2022; Fu ve diğerleri, 2023; Kambona ve diğerleri, 2023).

Bu çerçevede antik genetik miras, romantik bir dayanıklılık söylemi olarak kullanılmamalıdır. Siyez ve gernik buğdayı, her koşulda üstün performans gösteren materyaller değildir. Bazı çalışmalar, antik ya da yerel buğday materyallerinin belirli stres koşullarında modern genotiplerden daha zayıf yanıt verebildiğini de göstermektedir. Bu durum antik buğdayların değerini azaltmaz; daha dikkatli bir bilimsel konumlandırmayı zorunlu kılar. Bu materyallerin asıl değeri; erken fide döneminde stres algısı, kök gelişimi, ozmotik düzenleme, iyon dengesi, antioksidan savunma ve stres sonrası toparlanma gibi özelliklerin ayrıntılı biçimde çözümlenmesine olanak sağlamalarında yatar. Böyle bir yaklaşım, antik buğdayları doğrudan üretim alternatifi olmaktan çok, modern ıslah ve stres fizyolojisi için işlevsel kaynak materyal hâline getirir (Lopes ve diğerleri, 2015; Shavrukov ve diğerleri, 2010; Mwadzingeni ve diğerleri, 2016).

Gelecek çalışmalar, siyez ve gernik buğdayında tuzluluk ve su kısıtı yanıtlarını tek parametreli denemelerle açıklamaya çalışmamalıdır. Çimlenme oranı, kök uzunluğu ya da prolin düzeyi gibi göstergeler yararlı olmakla birlikte, stres hafızasını açıklamak için yeterli değildir. Daha güçlü bir araştırma tasarımı, fizyolojik, biyokimyasal, moleküler ve epigenetik göstergeleri aynı deneysel düzlemde birleştirmelidir. Tuzluluk ön maruziyeti, kontrollü toparlanma aralığı ve ardından uygulanan su kısıtı protokolüyle; kök mimarisi, Na^+/K^+ dengesi, bağıl su içeriği, stomal iletkenlik, klorofil floresansı, MDA, H_2O_2, antioksidan enzim aktivitesi, stres ilişkili gen ekspresyonu ve DNA metilasyon örüntüleri birlikte izlenebilir. Böyle bir kurgu, stres hafızasının geçici bir fizyolojik yanıt mı, yoksa daha derin bir moleküler kayıt mı olduğunu ayırt etmeye yardımcı olur (Bruce ve diğerleri, 2007; Liu ve diğerleri, 2022; Kambona ve diğerleri, 2023).

Bu alanda erken gelişme dönemi ayrı bir öncelik taşımalıdır. Çimlenme, koleoptil gelişimi, kök sisteminin kurulması ve ilk yaprak oluşumu; kuru ve tuzlu koşullarda bitkinin sezon başı başarısını belirleyen kritik eşiklerdir. Erken fide döneminde oluşan stres izi, sonraki gelişme evrelerinde kaynak kullanımını, kök–sürgün dengesini ve toparlanma kapasitesini etkileyebilir. Bu yüzden siyez ve gernik buğdayı üzerinde yapılacak çalışmalar, yalnız yetişkin bitki performansına ya da sezon sonu verimine odaklanmamalıdır. Erken dönem stres hafızası, modern buğday ıslahında henüz yeterince değerlendirilmeyen güçlü bir seleksiyon alanı olarak ele alınabilir (Liu ve diğerleri, 2022; Amini ve diğerleri, 2023).

Islah açısından bakıldığında, siyez ve gernik buğdayının katkısı doğrudan yüksek verimli çeşit adayları sunmalarından çok, modern buğdayda kullanılabilecek adaptif özelliklerin tanımlanmasına bağlıdır. Kök mimari plastisitesi, iyon seçiciliği, ozmotik uyum kapasitesi, kontrollü ROS yanıtı, membran stabilitesi, stomal düzenleme ve stres sonrası toparlanma gibi özellikler ıslah programlarında daha dikkatli değerlendirilmelidir. Bu özelliklerin aktarımı klasik melezleme, introgressiyon hatları, marker destekli seleksiyon, genomik seleksiyon ve yüksek verimli fenotipleme sistemleriyle desteklenebilir. Genotip × çevre etkileşimi burada belirleyici konumdadır. Bir materyal kontrollü koşullarda güçlü yanıt verirken tarla koşullarında aynı başarıyı göstermeyebilir. Bu yüzden çok lokasyonlu, çok yıllı ve farklı stres kombinasyonlarını içeren denemeler zorunludur (Lopes ve diğerleri, 2015; Mwadzingeni ve diğerleri, 2016; Amini ve diğerleri, 2023).

Sonuç olarak, siyez ve gernik buğdayı tuzluluk ve su kısıtı yanıtları açısından hazır cevaplar sunan materyaller değildir; fakat doğru sorularla incelendiğinde buğday stres biyolojisine güçlü açıklama alanları açabilir. Bu derleme, iki antik buğday formunu geleneksel dayanıklılık söyleminin ötesinde, abiyotik stres hafızası, çapraz tolerans, ozmotik uyum, kök plastisitesi ve mekanizma temelli adaptasyon ekseninde yeniden konumlandırmaktadır. Tuzluluk ve su kısıtı, bu bağlamda ayrı stres başlıkları değil; ortak fizyolojik, iyonik, oksidatif ve hormonal ağlar üzerinden işleyen ilişkili süreçlerdir. Siyez ve gernik buğdayının bilimsel değeri de bu ilişkili süreçlerde saklıdır: geçmişten gelen genetik miras, geleceğin iklim dirençli buğday stratejileri için ancak mekanizma düzeyinde çözümlendiğinde gerçek anlamını kazanır (Bruce ve diğerleri, 2007; Liu ve diğerleri, 2022; Lopes ve diğerleri, 2015; Mwadzingeni ve diğerleri, 2016).

Bu derleme, siyez ve gernik buğdayının stres toleransı literatüründeki yerini geleneksel dayanıklılık söyleminin ötesine taşıyarak, abiyotik stres hafızası ve mekanizma temelli adaptasyon ekseninde yeniden tartışmaya açmaktadır. Bu yeniden değerlendirme, antik buğdayların korunması gereken genetik miraslar olmanın yanında, tuzluluk, su kısıtı ve iklimsel belirsizlik çağında modern buğday ıslahının ihtiyaç duyduğu yeni fizyolojik kavramları üretebilecek dinamik araştırma kaynakları olduğunu göstermektedir (Lopes ve diğerleri, 2015; Liu ve diğerleri, 2022; Kambona ve diğerleri, 2023).

KAYNAKÇA

Ahmed, H. I., Heuberger, M., Schoen, A., Lercher, M. J., Friebe, B., Gill, B. S., ... Mayer, K. F. X. (2023). Einkorn genomics sheds light on history of the oldest domesticated wheat. *Nature, 620*, 830–838. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06389-7

Amini, A., Majidi, M. M., Mokhtari, N., Ghanavati, M., & Saeidi, G. (2023). Drought stress memory in a germplasm of synthetic and common wheat: Antioxidant system, physiological and morphological consequences. *Scientific Reports, 13*, 8569. https://doi.org/10.1038/s41598-023-35642-2.

Aslan, D., Ordu, B., Göre, M. E., Akın, B., & Zencirci, N. (2018). Germination stage water scarcity in bread and einkorn wheat. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27*(1), 1–13. https://doi.org/10.21566/tarbitderg.436371

Aslan, D., Zencirci, N., Etöz, M., Ordu, B., & Bataw, S. (2016). Bread wheat responds salt stress better than einkorn wheat does during germination. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40*(5), 783–794. https://doi.org/10.3906/tar-1604-59

Bacher, H., Zhu, F., Gao, T., Liu, K., Dhatt, B. K., Awada, T., ... Walia, H. (2021). Wild emmer introgression alters root-to-shoot growth dynamics in durum wheat in response to water stress. *Plant Physiology, 187*(2), 1149–1162. https://doi.org/10.1093/plphys/kiab292

Bacher, H., Zhu, F., Gao, T., Liu, K., Dhatt, B. K., Awada, T., ... Walia, H. (2022). Modifying root-to-shoot ratio improves root water influxes in wheat under drought stress. *Journal of Experimental Botany, 73*(5), 1643–1654. https://doi.org/10.1093/jxb/erab489

Balla, M. Y., Gorafi, Y. S. A., Kamal, N. M., Abdalla, M. G., Tahir, I. S. A., & Tsujimoto, H. (2022). Harnessing the diversity of wild emmer wheat for genetic improvement of durum wheat. *Theoretical and Applied Genetics, 135*, 1957–1972. https://doi.org/10.1007/s00122-022-04062-7

Brandolini, A., Volante, A., & Heun, M. (2016). Geographic differentiation of domesticated einkorn wheat and possible Neolithic migration routes. *Heredity, 117*, 135–141. https://doi.org/10.1038/hdy.2016.32

Broccanello, C., Bellin, D., DalCorso, G., Furini, A., Taranto, F., & Delledonne, M. (2023). Genetic approaches to exploit landraces for improvement of durum wheat adaptation to Mediterranean environments. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1101271. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1101271

Bruce, T. J. A., Matthes, M. C., Napier, J. A., & Pickett, J. A. (2007). Stressful "memories" of plants: Evidence and possible mechanisms. *Plant Science, 173*(6), 603–608.

Brunel-Saldias, N., Ferrio, J. P., Elazab, A., Cabrera-Bosquet, L., Serret, M. D., Araus, J. L., & del Pozo, A. (2020). Root architecture and functional traits of spring wheat under contrasting water regimes. *Frontiers in Plant Science, 11*, 581140. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.581140

Dubcovsky, J., & Dvorak, J. (2007). Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science, 316*(5833), 1862–1866. https://doi.org/10.1126/science.1143986

Falcinelli, B., Benincasa, P., Calzuola, I., Gigliarelli, L., Lutts, S., & Marsili, V. (2017). Phenolic content and antioxidant activity in raw and denatured aqueous extracts from sprouts and wheatgrass of einkorn and emmer obtained under salinity. *Molecules, 22*(12), 2132. https://doi.org/10.3390/molecules22122132

Feldman, M., & Levy, A. A. (2012). Genome evolution due to allopolyploidization in wheat. *Genetics, 192*(3), 763–774. https://doi.org/10.1534/genetics.112.146316

Fu, Y., Liang, C., Wang, J., Chen, Y., Wu, Y., Hu, W., Yang, X. (2023). Effects of single and combined drought and salinity stress on the root morphological characteristics and root hydraulic conductivity of different winter wheat varieties. *Plants, 12*(14), 2694. https://doi.org/10.3390/plants12142694

Harris, C. J., Amtmann, A., & Ton, J. (2023). Epigenetic processes in plant stress priming: Open questions and new approaches. *Current Opinion in Plant Biology, 75*, 102432. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2023.102432

He, F., Wang, W., Rutter, W. B., Jordan, K. W., Ren, J., Taagen, E., ... Akhunov, E. (2022). Genomic variants affecting homoeologous gene expression dosage contribute to agronomic trait variation in allopolyploid wheat. *Nature Communications, 13*, 826. https://doi.org/10.1038/s41467-022-28453-y

Hilker, M., & Schmülling, T. (2019). Stress priming, memory, and signalling in plants. *Plant, Cell & Environment, 42*(3), 753–761. https://doi.org/10.1111/pce.13526

İlhan, D., Yazıcılar, B., Geyik, M. Ş., Atıcı, Ö., & Bezirganoğlu, İ. (2024). In vitro studies of salt tolerance at the physiological and molecular levels in two cultivars of emmer wheat (*Triticum dicoccum* Schrank ex Schübl). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 24*, 2566–2576. https://doi.org/10.1007/s42729-024-01678-0

Kambona, C. M., Cramer, G. R., & Foyer, C. H. (2023). Stress memory and its regulation in plants experiencing recurring drought stress. *Journal of Experimental Botany, 74*(14), 4085–4101.

Katamadze, A., Vergara-Díaz, O., Uberegui, E., Yoldi-Achalandabaso, A., Araus, J. L., & Vicente, R. (2023). Evolution of wheat architecture, physiology, and metabolism during domestication and further cultivation: Lessons for crop improvement. *The Crop Journal, 11*(4), 1080–1096. https://doi.org/10.1016/j.cj.2023.06.006

Kilian, B., Özkan, H., Walther, A., Kohl, J., Dagan, T., Salamini, F., & Martin, W. (2007). Molecular diversity at 18 loci in 321 wild and 92 domesticate lines reveal no reduction of nucleotide diversity during *Triticum monococcum* (einkorn) domestication: Implications for the origin of agriculture. *Molecular Biology and Evolution, 24*(12), 2657–2668. https://doi.org/10.1093/molbev/msm192

Lindberg, S. (2023). Ion changes and signaling under salt stress in wheat and other important crops. *Plants, 13*(1), 46. https://doi.org/10.3390/plants13010046

Liu, X., Quan, W., & Bartels, D. (2022). Stress memory responses and seed priming correlate with drought tolerance in plants: An overview. *Planta, 255*, 45. https://doi.org/10.1007/s00425-022-03828-z

Lopes, M. S., El-Basyoni, I., Baenziger, P. S., Singh, S., Royo, C., Ozbek, K., ... Vikram, P. (2015). Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *Journal of Experimental Botany, 66*(12), 3477–3486. https://doi.org/10.1093/jxb/erv122

Ma, Y., Dias, M. C., & Freitas, H. (2020). Drought and salinity stress responses and microbe-induced tolerance in plants. *Frontiers in Plant Science, 11*, 591911. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.591911

Miroshnichenko, D., Ashin, D., Pushin, A., & Dolgov, S. (2018). Genetic transformation of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum* L.), a diploid cultivated wheat species. *BMC Biotechnology, 18*, 68. https://doi.org/10.1186/s12896-018-0477-3

Mwadzingeni, L., Shimelis, H., Dube, E., Laing, M. D., & Tsilo, T. J. (2016). Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture, 15*(5), 935–943. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61102-9

Pehlivan Karakaş, F. (2016). Effects of drought and salinity stress on early seedling growth and antioxidant activity in hulled einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheats. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25*(1), 107–116. https://doi.org/10.21566/tbmaed.08296

Pehlivan Karakaş, F., Bozat, B. G., Aslan, D., & Zencirci, N. (2018). Diversity exists in development parameters and enhancement of antioxidant mechanisms of some einkorn and bread wheats under combined water deficits and salt stress. *Progress in Nutrition, 19*(4), 460–471. https://doi.org/10.23751/pn.v19i4.6203

Qiu, D., Hu, W., Zhou, Y., Xiao, J., Hu, R., Wei, Q., ... He, G. (2021). TaASR1-D confers abiotic stress resistance by affecting ROS accumulation and ABA signalling in transgenic wheat. *Plant Biotechnology Journal, 19*(8), 1588–1601. https://doi.org/10.1111/pbi.13572

Rossatto, T., Souza, G. M., do Amaral, M. N., Auler, P. A., Pérez-Alonso, M.-M., Pollmann, S., & Braga, E. J. B. (2023). Cross-stress memory: Salt priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought stress during grain-filling in rice plants. *Environmental and Experimental Botany, 206*, 105187. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105187

Seleiman, M. F., Aslam, M. T., Alhammad, B. A., Hassan, M. U., Maqbool, R., Chattha, M. U., Battaglia, M. L. (2021). Salinity stress in wheat: Effects, mechanisms and management strategies. *Phytochemistry, 187*, 112775. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.112775

Shavrukov, Y., Langridge, P., Tester, M., & Nevo, E. (2010). Wide genetic diversity of salinity tolerance, sodium exclusion and growth in wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*. *Breeding Science, 60*(4), 426–435. https://doi.org/10.1270/jsbbs.60.426

Shewry, P. R., & Hey, S. (2015). Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *Journal of Cereal Science, 65*, 236–243. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.014

Stagnari, F., Galieni, A., D'Egidio, S., Falcinelli, B., Pagnani, G., Pace, R., Pisante, M., & Benincasa, P. (2017). Effects of sprouting and salt stress on polyphenol composition and antiradical activity of einkorn, emmer and durum wheat. *Italian Journal of Agronomy, 12*(4), 848. https://doi.org/10.4081/ija.2017.848

Uzair, M., Ali, M., Fiaz, S., Attia, K., Khan, N., Al-Doss, A. A., Ali, Z. (2022). The characterization of wheat genotypes for salinity tolerance using morpho-physiological indices under hydroponic conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences, 29*(6), 103299. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103299

Van Frank, G., Rivière, P., Pin, S., Baltassat, R., Berthellot, J.-F., Caizergues, F., ... Goldringer, I. (2020). Genetic diversity and stability of performance of wheat population varieties developed by participatory breeding. *Sustainability, 12*(1), 384. https://doi.org/10.3390/su12010384

Wang, X., Ge, J., He, M., Li, Q., Cai, J., Zhou, Q., Zhong, Y., Wollenweber, B., & Jiang, D. (2023). Enhancing crop resilience: Understanding the role of drought priming in wheat stress response. *Field Crops Research, 299*, 109083. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109083

Yıldız, A., Koyuncu, M., Yıldırım, A., & Kandemir, N. (2021). Molecular characterisation of the oldest domesticated wheat type einkorn based on microsatellite markers. *Biotechnology & Biotechnological Equipment, 35*(1), 1326–1336. https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1970023

Zencirci, N., Ulukan, H., Ordu, B., Aslan, D., Mutlu, H. T., & Örgeç, M. (2019). Salt, cold, and drought stress on einkorn and bread wheat during germination. *International Journal of Secondary Metabolite, 6*(2), 113–128. https://doi.org/10.21448/ijsm.543097

Zhang, H., Zhu, J., Gong, Z., & Zhu, J.-K. (2022). Abiotic stress responses in plants. *Nature Reviews Genetics*, *23*, 104–119. https://doi.org/10.1038/s41576-021-00413-0

TAHIL AGROEKOSİSTEMLERİNDE MİKROPLASTİK BASKISI: TOPRAK–SU DİNAMİKLERİ, KURAKLIK KIRILGANLIĞI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM AÇISINDAN YENİ BİR DEĞERLENDİRME

***Meral KUTLU*[1]**

[1]Atatürk Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Tarla bitkileri Anabilimdalı, Erzurum, Türkiye

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3288-1266

ÖZET

Tahıl agroekosistemleri, artan iklim baskıları, su kıtlığı ve toprak bozunumu nedeniyle giderek daha kırılgan hâle gelmektedir. Son yıllarda tarım sistemlerinde hızla artan mikroplastik birikimi ise bu kırılganlığı derinleştiren yeni nesil çevresel baskı unsurlarından biri olarak dikkat çekmektedir. Bu derleme, mikroplastiklerin tahıl üretim sistemleri üzerindeki etkilerini yalnız çevresel kirletici perspektifiyle değil; toprak hidrofiziği, rizosfer işleyişi, bitki fizyolojisi ve kuraklık etkileşimleri ekseninde bütüncül biçimde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmada mikroplastiklerin tarımsal kökenli kaynakları, toprak profilindeki hareket mekanizmaları ve tahıl agroekosistemlerindeki çevresel dağılım süreçleri ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Ayrıca mikroplastiklerin agregat stabilitesi, gözenek organizasyonu, su tutma kapasitesi, infiltrasyon dinamikleri ve kök bölgesi nem rejimi üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Derleme kapsamında rizosfer mikrobiyotasındaki değişimler, karbon ve azot döngülerindeki bozulmalar ile mikroplastiklerin kirletici taşıyıcı yüzey olarak işlev görmesi de değerlendirilmiştir. Tahıllarda gözlenen fizyolojik ve biyokimyasal yanıtlar; çimlenme süreçleri, fotosentetik performans, oksidatif stres mekanizmaları ve verim bileşenleri üzerinden ele alınmıştır. Bunun yanında mikroplastik–kuraklık etkileşiminin, tahıl agroekosistemlerinde yeni nesil çoklu stres mekanizması oluşturduğu vurgulanmıştır. Mevcut bulgular, mikroplastiklerin yalnız pasif kirleticiler gibi davranmadığını; toprağın fiziksel organizasyonunu, suyun erişilebilirliğini ve kök bölgesindeki biyolojik işleyişi yeniden şekillendiren sistemik baskı unsurları hâline geldiğini göstermektedir. Sonuç olarak sürdürülebilir tahıl üretiminin korunabilmesi için mikroplastiklerin çevresel kirlilik başlığının ötesinde değerlendirilmesi, toprak–su yönetimi stratejilerine entegre edilmesi ve uzun dönemli agroekosistem araştırmalarının artırılması gerektiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastikler, Tahıl Agroekosistemleri, Toprak–Su Dinamikleri, Kuraklık Stresi, Sürdürülebilir Tarım

GİRİŞ

1. Tahıl Üretim Sistemlerinde Mikroplastik Çağının Başlangıcı

Dünya tarımının son yarım yüzyıldaki dönüşümü, yüksek girdili üretim modellerinin yaygınlaşmasıyla şekillenmiştir. Bu süreç, tahıl üretim alanlarında plastik temelli materyallerin kullanımını artırmış; buğday, mısır, arpa ve çeltik gibi stratejik ürünlerin yetiştirildiği agroekosistemleri yeni bir çevresel baskı alanıyla karşı karşıya bırakmıştır. Tahıl alanları besin üretim merkezleri olmanın yanında, su döngüsü, karbon depolanması ve toprak biyolojik aktivitesinin sürdürüldüğü kritik ekolojik sistemlerdir (FAO, 2021; Lal, 2020). Son yıllarda mikroplastiklerin tarımsal topraklarda yaygın biçimde tespit edilmesi, bu sistemlerdeki kirlilik baskısının görünenden daha derin olduğunu göstermektedir. Özellikle düşük yoğunluklu plastik partiküllerin yüzey topraklarında kalıcılık göstermesi, kök bölgesindeki fiziksel ve hidrolik süreçleri yeniden şekillendirebilecek bir eşik oluşturmaktadır (Rillig ve diğerleri., 2019; de Souza Machado ve diğerleri., 2018).

Mikroplastik kirliliği uzun süre denizel ekosistemler üzerinden tartışılmıştır. Güncel araştırmalar ise tarımsal toprakların önemli mikroplastik rezervuarlarına dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Arıtma

çamuru uygulamaları, plastik malç kalıntıları, kontrollü salınımlı gübre kaplamaları, kirlenmiş sulama suları ve atmosferik taşınım süreçleri tahıl agroekosistemlerine sürekli mikroplastik girdisi sağlamaktadır (Nizzetto ve diğerleri., 2016; Corradini ve diğerleri., 2019). Bu girdiler basit bir fiziksel kirlenme yaratmamakta; agregat stabilitesi, gözenek organizasyonu, su hareketi ve rizosfer işlevselliği üzerinde kalıcı değişimler oluşturabilmektedir (Lehmann ve diğerleri., 2020; O'Connor ve diğerleri., 2019).Tahıl üretim sistemlerinde en kritik kırılma alanı, mikroplastiklerin toprak–su ilişkilerini değiştirme potansiyelidir. Kuraklık baskısının arttığı yarı kurak bölgelerde toprak nem sürekliliği ve kök bölgesindeki su erişimi verim istikrarını doğrudan belirlemektedir. Mikroplastiklerin poroziteyi, infiltrasyonu ve kapillar su hareketlerini değiştirmesi, tahılların suya erişimini sınırlayan yeni bir stres mekanizması ortaya çıkarmaktadır (Wan ve diğerleri., 2019; Zhang ve diğerleri., 2020). Toprak nem rejimindeki küçük sapmalar bile tane dolumu, fotosentetik aktivite ve kök gelişimi üzerinde belirgin sonuçlar doğurabilmektedir (Trnka ve diğerleri., 2014; Lesk ve diğerleri., 2016). Bu nedenle mikroplastikler, tahıl agroekosistemlerinde kuraklık hassasiyetini artıran yapısal baskılar arasında değerlendirilmelidir.Toprak–su ilişkilerindeki bozulma, rizosfer düzeyindeki biyolojik süreçleri de etkilemektedir. Mikroplastiklerin kök çevresindeki mikrobiyal toplulukları değiştirdiği, karbon ve azot dönüşüm süreçlerini baskıladığı, enzimatik aktivitelerde düzensizlik oluşturduğu bildirilmektedir (Huang ve diğerleri., 2019; Fei ve diğerleri., 2020). Tahılların geniş kök sistemleri dikkate alındığında, rizosferdeki bu değişimlerin su ve besin elementi alım etkinliği üzerinde doğrudan belirleyici olabileceği anlaşılmaktadır. Buna rağmen mevcut literatürün önemli bölümü kısa süreli laboratuvar deneylerine dayanmaktadır; tahıl agroekosistemlerinde uzun dönemli toprak–su süreçlerini birlikte ele alan çalışmalar hâlen sınırlıdır (Qi ve diğerleri., 2020; Jacob ve diğerleri., 2020).

Bu derleme, mikroplastiklerin tahıl üretim sistemlerindeki etkilerini klasik kirlilik yaklaşımının ötesine taşıyarak, toprak–su dinamikleri ve kuraklık kırılganlığı ekseninde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Mevcut çalışmalar çoğunlukla toksikolojik etkilere odaklanırken, tahıl agroekosistemlerinde hidrofiziksel süreçlerin nasıl yeniden şekillendiği yeterince tartışılmamıştır. Oysa sürdürülebilir tahıl üretimi, verim artışından çok daha geniş bir zemine dayanır; toprağın suyu depolama, iletme ve kök bölgesine dengeli biçimde ulaştırma kapasitesi bu zeminin merkezinde yer almaktadır. Bu çerçevede mikroplastikler, tahıl agroekosistemlerinde toprak işlevselliğini ve kuraklık dayanıklılığını etkileyen yeni nesil çevresel baskı unsurları arasında değerlendirilmelidir (Rillig ve Lehmann, 2020; Bhattacharya ve diğerleri., 2022).

Tarımsal Topraklarda Mikroplastik Birikiminin Yükselişi

Modern tarımda plastik kullanımı üretim pratiklerinin ayrılmaz parçalarından biri hâline gelmiştir. Plastik malçlar, sera örtüleri, damla sulama ekipmanları, silaj ambalajları ve polimer kaplamalı gübreler tarımsal alanlara sürekli plastik girdisi taşımaktadır. Çevresel koşullar altında aşınan bu materyaller zamanla daha küçük partiküllere ayrılmakta, toprak profili içinde daha hareketli ve kalıcı mikroplastik birikimine yol açmaktadır (Steinmetz ve diğerleri., 2016; Kasirajan ve Ngouajio, 2012). Polietilen, polipropilen ve polistiren gibi bozunmaya dirençli polimerlerin çevrede uzun süre varlığını koruması, tarımsal toprakları kronik mikroplastik depolama alanlarına dönüştürmektedir (PlasticsEurope, 2022; Chae ve An, 2018).Mikroplastik birikimi yalnız yüzeyde kalan bir süreç değildir. Arıtma çamurları, kirlenmiş sulama suları, organik gübreler ve atmosferik taşınım farklı yoğunluklardaki partiküllerin agroekosistemlere sürekli girişine neden olmaktadır Yeniden kullanılan atık su kaynaklarının yaygın olduğu üretim alanlarında her sulama dönemi, toprağa yeni bir mikroplastik yükü taşıyabilmektedir. Bu durum mikroplastiklerin dışsal bir kirletici gibi değil, tarımsal üretim döngüsünün içinde kalıcılaşan birikim faktörleri gibi davrandığını göstermektedir (Crossman ve diğerleri., 2020; Sun ve diğerleri., 2021).Toprakta uzun süre kalan mikroplastikler, agroekosistem işleyişini sessiz biçimde dönüştüren bir baskı alanı oluşturur. Düşük yoğunluklu plastik partiküller agregatlar arasına yerleşerek gözenek organizasyonunu, su hareketini ve gaz değişimini değiştirebilmektedir (de Souza Machado ve diğerleri., 2019; Boots ve diğerleri., 2019). Bu değişimler geniş ölçekli tahıl alanlarında uzun süre fark edilmeden ilerleyebilir. Özellikle kuraklık baskısının yoğun hissedildiği yarı kurak bölgelerde mikroplastik kaynaklı hidrofiziksel bozulmalar, suyun toprak profili içerisindeki dağılımını değiştirerek üretim sürdürülebilirliği açısından yapısal riskler oluşturabilmektedir (Lozano ve Rillig, 2020; Yu ve diğerleri.,

2021). Bu nedenle mikroplastik birikimi, tarımsal topraklarda yalnız kirlilik göstergesi değil, toprak işlevselliğini çok yönlü biçimde dönüştüren bir stres mekanizmasıdır (Guo ve diğerleri., 2020).

Derlemenin Bilimsel Yaklaşımı ve Özgünlüğü

Mikroplastik araştırmaları uzun süre çevresel toksisite ve kirlilik ekseninde şekillenmiştir. Denizel sistemler, sucul organizmalar ve gıda zinciri üzerindeki etkiler geniş biçimde incelenirken, tarımsal topraklara yönelik çalışmalar çoğu zaman mikroplastik varlığının belirlenmesi veya kısa süreli fizyolojik etkilerle sınırlı kalmıştır (Bläsing ve Amelung, 2018; Zhang ve Liu, 2018). Buna rağmen tahıl agroekosistemlerinde mikroplastiklerin toprak–su ilişkilerini nasıl dönüştürdüğü, kök bölgesi hidrodinamiğini hangi mekanizmalarla etkilediği ve kuraklık hassasiyetini nasıl derinleştirdiği hâlen bütüncül biçimde açıklanamamıştır.

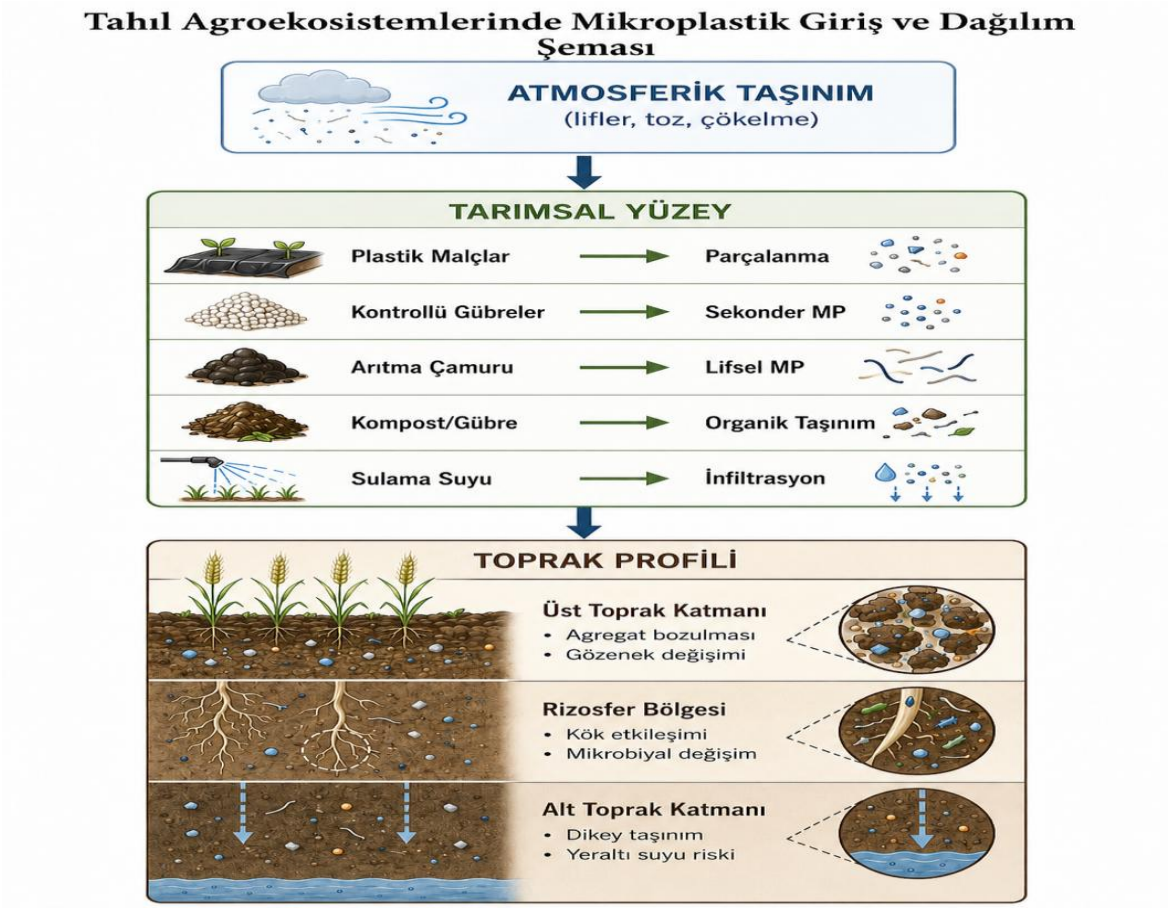
Bu derlemenin temel yaklaşımı, mikroplastikleri çevresel kirletici sınırlarının ötesinde ele alarak, onları tahıl üretim sistemlerinde toprak işlevselliğini yeniden biçimlendiren yapısal baskılar olarak değerlendirmektedir. Su tutma kapasitesi, infiltrasyon süreçleri, hidrolik iletkenlik ve kök bölgesi nem dağılımındaki değişimler, tahılların kuraklık toleransı üzerinde belirleyici sonuçlar oluşturabilir (Guo ve diğerleri., 2021; Lehmann ve diğerleri., 2021). Bu nedenle mikroplastiklerin etkilerini toksisite eksenine sıkıştırmak, tahıl agroekosistemlerinde ortaya çıkan hidrofiziksel dönüşümü açıklamak için yeterli değildir (de Souza Machado ve diğerleri., 2022; Lozano ve diğerleri., 2021).

Derlemenin özgün yönü, mikroplastik–kuraklık etkileşimini tahıl agroekosistemleri ölçeğinde değerlendirmesidir. Kök bölgesinde nem sürekliliğinin bozulması, suyun mekânsal dağılımındaki düzensizlikler ve rizosfer süreçlerindeki değişimler, tahılların stres toleransını doğrudan etkileyebilecek başlıca mekanizmalardır (Liu ve diğerleri., 2022; Zhang ve diğerleri., 2022). Bu bakış, mikroplastik baskısının iklim değişikliğiyle derinleşen kuraklık kırılganlığı içinde okunmasını gerekli kılmaktadır (Yang ve diğerleri., 2021; Wang ve diğerleri., 2021). Literatürdeki temel boşluk ise uzun dönemli arazi çalışmalarının sınırlı olması, farklı toprak tipleri ile tahıl türleri arasındaki değişkenliğin yeterince ortaya konulamaması ve mikroplastik tipi, partikül boyutu ve yoğunluğu açısından ortak metodolojik standartların bulunmamasıdır (Ng ve diğerleri., 2020; Rillig ve Lehmann, 2020). Bu derleme, söz konusu boşlukları üretim sistemleri perspektifiyle tartışarak sürdürülebilir tahıl üretimi için öncelikli araştırma alanlarını belirlemeyi hedeflemektedir.

2. Tarımsal Kökenli Mikroplastik Girdileri

Tarım sektöründe plastik materyal kullanımındaki artış, tarımsal topraklarda mikroplastik birikiminin temel kaynaklarından biridir. Plastik malçlar yabancı ot kontrolü ve toprak neminin korunması açısından agronomik avantaj sağlasa da UV radyasyonu, sıcaklık dalgalanmaları ve mekanik parçalanma sonucunda yoğun mikroplastik oluşumuna neden olabilmektedir (Huang ve diğerleri., 2020). Hasat sonrasında tarla yüzeyinde kalan plastik kalıntıların tam olarak uzaklaştırılamaması, özellikle yarı kurak bölgelerde mikroplastik yoğunluğunu artıran başlıca faktörlerden biridir (Zhang ve diğerleri., 2022; Liu ve diğerleri., 2014).Kontrollü salınımlı gübre teknolojileri, tarımsal mikroplastik girdilerini daha karmaşık hâle getirmektedir. Polimer kaplamalı gübrelerin toprakta uzun süre çözünmeden kalması, parçalanma ilerledikçe sekonder mikroplastik oluşumunu hızlandırabilmektedir. Bu partiküller doğrudan kök bölgesine taşınabilmekte, rizosfer çevresinde agregat organizasyonunu ve mikrobiyal aktiviteyi etkileyebilmektedir (Hernandez ve diğerleri., 2017; Li ve diğerleri., 2021).

Arıtma çamuru uygulamaları da tarımsal topraklardaki mikroplastik birikiminin en önemli taşıyıcı mekanizmalarındandır. Kentsel atık su arıtma sistemleri mikroplastikleri tamamen uzaklaştıramamakta; tutulan partiküller çoğunlukla çamur fazında yoğunlaşmaktadır. Organik madde ve besin elementi kaynağı olarak tarım alanlarına uygulanan bu çamurlar, yüksek miktarda mikroplastiğin doğrudan toprağa taşınmasına neden olmaktadır (Mahon ve diğerleri., 2017; Nizzetto ve diğerleri., 2016). Lif formundaki sentetik partiküllerin tahıl topraklarında uzun süre bozunmadan kalabilmesi, kronik birikim sürecini hızlandırarak toprağın doğal fiziksel organizasyonu üzerinde kalıcı baskı oluşturabilmektedir (Crossman ve diğerleri., 2020).



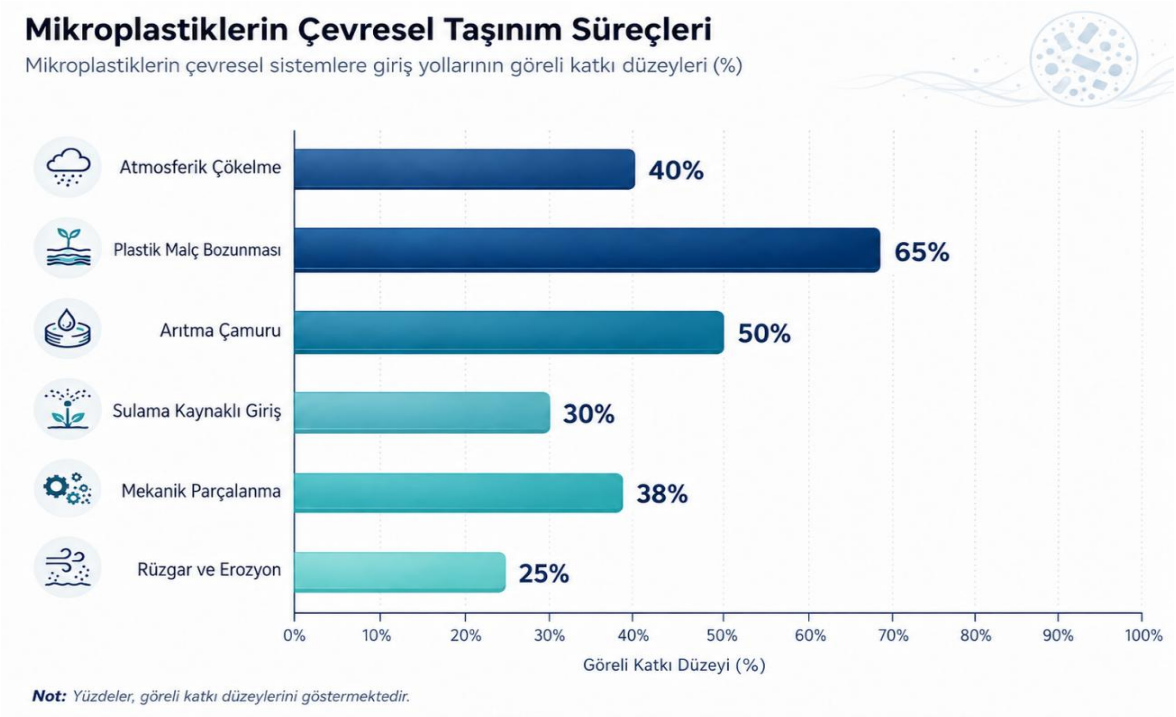
Şekil 1. Tahıl Agroekosistemlerinde Mikroplastik Giriş ve Dağılım Şeması

Organik gübreler ve kompost materyalleri de beklenenden daha önemli mikroplastik taşıyıcıları hâline gelmiştir. Evsel organik atıkların kompostlaştırılması sırasında plastik ayrıştırma süreçlerinin tam olarak gerçekleştirilememesi, kompost uygulamalarını ikincil mikroplastik kaynağına dönüştürmektedir. Özellikle düşük yoğunluklu polietilen parçacıklarının organik materyaller içerisinde uzun süre stabil kalabildiği belirtilmektedir (Weithmann ve diğerleri., 2018; Gui ve diğerleri., 2021). Tahıl agroekosistemlerinde sürekli organik materyal uygulamaları düşünüldüğünde, bu süreç zamanla birikim etkisi oluşturmaktadır. Mikroplastiklerin organik maddeyle birlikte taşınması, onların yüzey topraklarında ve biyolojik olarak aktif kök zonunda da yoğunlaşmasına neden olabilmektedir (Wang ve diğerleri., 2021; Zhou ve diğerleri., 2020).Sulama suyu vasıtasıyla taşınım, özellikle su kaynaklarının kalite baskısı altında olduğu bölgelerde giderek daha önemli hâle gelmektedir. Arıtılmış atık suyun yeniden kullanıldığı üretim sistemlerinde, mikroplastik partikülleri her sulama döngüsüyle birlikte toprağa taşınmaktadır. Bu durum yalnız yüzey birikimine neden olmamakta; infiltrasyon süreçleri aracılığıyla partiküllerin alt toprak katmanlarına hareketini de hızlandırmaktadır (Pérez-Reverón ve diğerleri., 2022; Gkoutselis ve diğerleri., 2021). Tahıl yetiştiriciliğinde yoğun sulama uygulamalarının bulunduğu alanlarda, mikroplastiklerin su hareketleriyle birlikte kök bölgesine taşınması kuraklık stresinin etkilerini daha karmaşık hâle getirebilmektedir. Özellikle ince partiküllerin kapillar su hareketleriyle taşınabilmesi, toprak–su sisteminde yeni bir fiziksel düzensizlik oluşturmaktadır (Zhou ve diğerleri., 2021; Qi ve diğerleri., 2020).

Atmosferik Taşınım ve Sekonder Mikroplastik Oluşumu

Mikroplastiklerin tarımsal alanlara ulaşması doğrudan uygulamalarla sınırlı değildir. Atmosferik taşınım süreçleri, özellikle geniş ölçekli tahıl agroekosistemlerinde sürekli ve çoğu zaman fark edilmeyen bir mikroplastik girdisi oluşturmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, atmosferik

çökelme yoluyla kırsal alanlara taşınan mikroplastik miktarının sanılandan çok daha yüksek olduğunu göstermektedir (Allen ve diğerleri., 2019; Brahney ve diğerleri., 2020). Özellikle lif formundaki partiküllerin uzun mesafeler boyunca taşınabildiği, yağış olaylarıyla birlikte tarımsal topraklara çökelebildiği bildirilmektedir. Bu durum, doğrudan plastik kullanımının sınırlı olduğu bölgelerde bile mikroplastik birikiminin devam ettiğini göstermektedir (Dris ve diğerleri., 2016; Liu ve diğerleri., 2019).



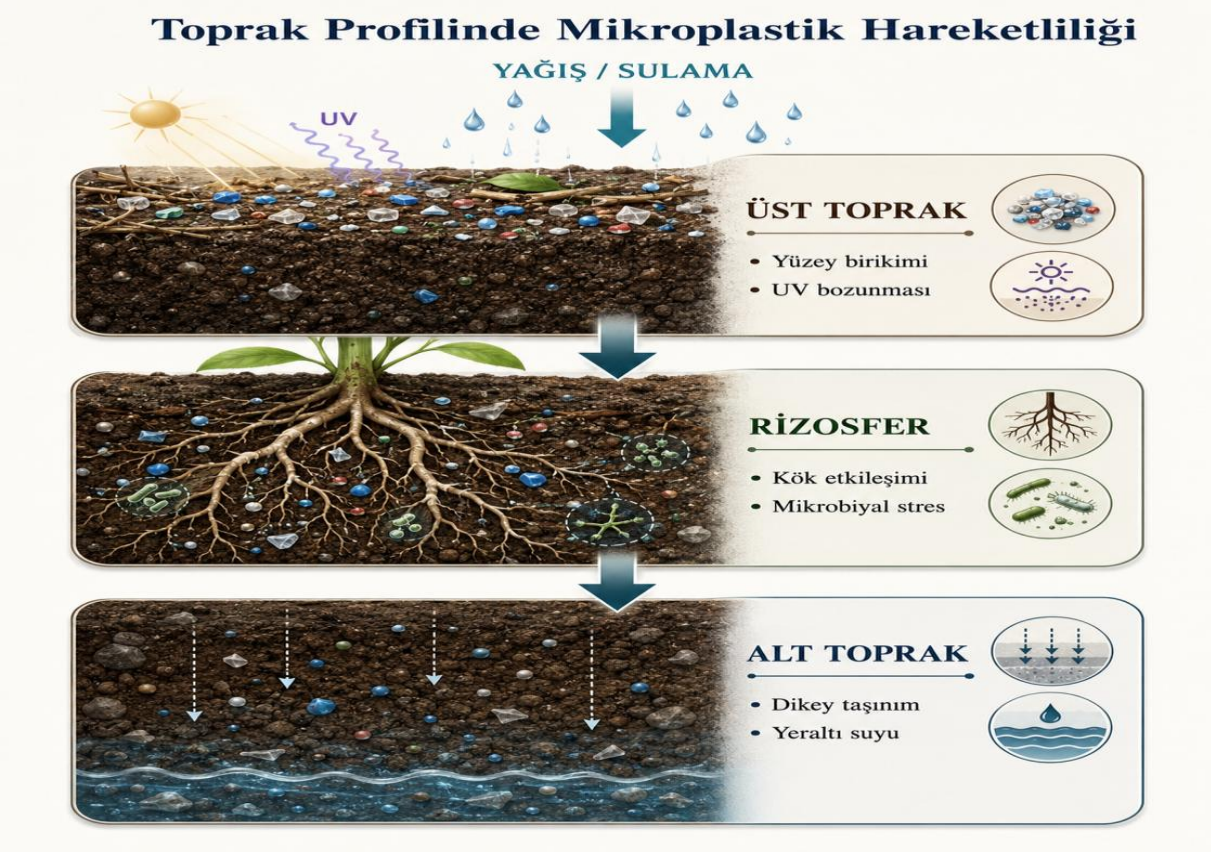
Grafik 1. Mikroplastiklerin çevresel taşınım süreçleri

Sekonder mikroplastik oluşumu, tarımsal çevrede mikroplastik yoğunluğunu belirleyen temel süreçlerden biridir. Büyük plastik materyallerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerle parçalanması sonucunda daha küçük partiküller ortaya çıkmaktadır. Özellikle UV radyasyonu, sıcaklık dalgalanmaları ve oksidatif bozunma süreçleri plastik yüzeylerde kırılganlık oluşturmakta; zamanla mikro ve nanoplastik oluşumunu hızlandırmaktadır (Andrady, 2011; Gewert ve diğerleri., 2015). Tarla yüzeyinde uzun süre kalan plastik malçların güneş ışığına maruz kalması, bu süreci belirgin ölçüde hızlandırmaktadır. Sekonder mikroplastiklerin daha küçük boyutlu olması, onların toprak profilinde daha hareketli hâle gelmesine neden olmaktadır (Lambert ve Wagner, 2016; Chamas ve diğerleri., 2020).Tarımsal mekanizasyon süreçleri de mikroplastik parçalanmasını hızlandıran önemli faktörlerden biridir. Toprak işleme ekipmanları, biçerdöver hareketleri ve mekanik sürtünme etkileri plastik kalıntıların fiziksel olarak parçalanmasına neden olabilmektedir. Özellikle yoğun işleme yapılan tarımsal alanlarda, plastik kalıntılarının mekanik baskı altında hızla mikro boyutlara ayrıldığı düşünülmektedir (Sintim ve diğerleri., 2019; Dong ve diğerleri., 2022). Bunun yanında traktör lastikleri ve sentetik ekipman parçaları da ikincil mikroplastik kaynağı oluşturabilmektedir. Tarımsal üretimde mekanizasyon yoğunluğu arttıkça, sekonder mikroplastik oluşum süreçlerinin daha karmaşık hâle geldiği görülmektedir (Kole ve diğerleri., 2017; Hale ve diğerleri., 2020).

Toprak Profilinde Mikroplastik Hareketliliği

Mikroplastiklerin toprak profilindeki hareketliliği, onların çevresel etkilerini belirleyen temel süreçlerden biridir. Toprağa ulaşan partiküller yalnız yüzeyde kalmamakta; infiltrasyon ve biyolojik

aktivite süreçleriyle birlikte alt katmanlara taşınabilmektedir. Özellikle küçük boyutlu mikroplastiklerin makro gözenekler boyunca hareket ederek derin toprak katmanlarına ulaşabildiği bildirilmektedir (O'Connor ve diğerleri., 2019). Bu durum, mikroplastiklerin yalnız yüzey kirliliği oluşturmadığını; kök zonu boyunca yayılabilen dinamik kirleticiler olduğunu göstermektedir. Tahıl kök sistemlerinin derin profillere ulaşabilmesi, mikroplastik–rizosfer etkileşimlerini daha kritik hâle getirmektedir (Yu ve diğerleri., 2020).



Şekil 2. Toprak Profikinde Mikroplastik Hareketliliği

Mikroplastiklerin Tarımsal Peyzajda Taşınımı ve Rizosferde Birikimi

Yüzey akışı ve erozyon, mikroplastiklerin tarımsal peyzaj içinde yatay taşınımını hızlandıran başlıca süreçlerdir. Şiddetli yağış olaylarında yüzey akışıyla taşınan partiküller, özellikle eğimli tahıl alanlarında farklı birikim bölgeleri oluşturabilmektedir. İnce tekstürlü topraklarda erozyonla birlikte mikroplastik taşınımının belirgin biçimde arttığı bildirilmektedir (Rezaei ve diğerleri., 2019). Bu durum, mikroplastiklerin uygulandıkları alanlarla sınırlı kalmadığını; çevresel taşınım süreçleriyle daha geniş agroekosistemlere yayılabildiğini göstermektedir. İklim değişikliğiyle artan ekstrem yağış olayları, gelecekte bu taşınım dinamiğini daha güçlü hâle getirebilir (Büks ve Kaupenjohann, 2020; Zhou ve diğerleri., 2022).Toprak tekstürü ve organik madde içeriği, mikroplastik hareketliliğini belirleyen temel faktörlerdir. Kumlu topraklarda yüksek infiltrasyon kapasitesi partikül taşınımını kolaylaştırırken, kil içeriği yüksek topraklarda agregatlar arasında tutulma eğilimi güçlenebilmektedir (de Souza Machado ve diğerleri., 2018; Wang ve diğerleri., 2019). Organik madde ise mikroplastik yüzeyleriyle fiziksel etkileşimi artırarak partiküllerin stabilizasyonuna katkı sağlayabilir. Bu nedenle mikroplastik davranışı tüm tahıl üretim alanlarında tekdüze ilerlemez. Organik madde bakımından zayıf yarı kurak topraklarda partiküllerin daha hareketli hâle gelmesi, kök bölgesinde hidrofiziksel düzensizlik riskini artırmaktadır (Liu ve diğerleri., 2020; Yang ve diğerleri., 2021).Mikroplastiklerin rizosferde birikme eğilimi, tahıl üretim sistemleri açısından özel önem taşır. Kök çevresindeki nem gradyentleri ve biyolojik aktivite,

partiküllerin bu bölgede yoğunlaşmasını kolaylaştırabilmektedir. Lif formundaki mikroplastiklerin kök yüzeylerine tutunabildiği ve rizosfer yapısını fiziksel olarak değiştirebildiği bildirilmektedir (Qi ve diğerleri., 2020; Sun ve diğerleri., 2020). Bu etki kök gelişimiyle sınırlı kalmaz; su ve besin elementi taşınımını da etkileyebilir. Tahılların geniş kök sistemleri, mikroplastiklerin rizosfer boyunca daha karmaşık etkileşimler oluşturmasına zemin hazırlamaktadır (Lozano ve diğerleri., 2021; Boots ve diğerleri., 2019).

3. Mikroplastiklerin Toprak Fiziksel Yapısı ve Hidrofiziksel Süreçler Üzerindeki Etkileri

Toprak Yapısal Organizasyonundaki Değişimler

Mikroplastiklerin tarımsal topraklardaki etkileri çoğu zaman fiziksel organizasyon düzeyinde başlamaktadır. Agregat stabilitesi; su hareketi, gaz değişimi, kök gelişimi ve mikrobiyal kolonizasyon açısından temel bir belirleyicidir. Mikroplastik partiküllerinin agregatlar arasına yerleşmesi, organik bağlayıcılar ile mineral yüzeyler arasındaki doğal etkileşimleri zayıflatabilmektedir. Lifsel mikroplastiklerin makroagregat bütünlüğünü bozabildiği, düzensiz parçacıkların ise gözenek sürekliliğini değiştirebildiği bildirilmektedir (Lehmann ve diğerleri., 2020; de Souza Machado ve diğerleri., 2018). Tahıl agroekosistemlerinde tekrarlayan toprak işleme uygulamaları bu etkiyi güçlendirerek agregat parçalanmasını hızlandırabilir ve toprağın fiziksel dayanıklılığını azaltabilir (Zhang ve diğerleri., 2021; Liang ve diğerleri., 2019).Makro ve mikro gözenek dağılımındaki değişimler, mikroplastiklerin hidrofiziksel davranış üzerindeki en belirgin etkileri arasındadır. Düşük yoğunluklu polimerlerin gözenek boşluklarında düzensiz yerleşmesi, suyun toprak profili içindeki hareket yollarını değiştirebilmektedir. Bu durum bazı koşullarda makrogözenek oluşumunu artırabilir; bazı koşullarda gözenek sürekliliğini bozarak infiltrasyon sürecini düzensizleştirebilir (Büks ve Kaupenjohann, 2020; Wan ve diğerleri., 2019). İnce partikül formundaki mikroplastiklerin kil mineralleriyle etkileşimi ise mikrogözenek yapısını değiştirerek hava–su dengesi üzerinde baskı oluşturabilmektedir (Ossowicki ve diğerleri., 2022; Wang ve diğerleri., 2020).Toprak sıkışması ve hacim ağırlığı üzerindeki etkiler mikroplastik miktarı, şekli ve polimer tipine göre değişmektedir. Lifsel mikroplastiklerin bazı koşullarda hacim ağırlığını düşürdüğü, parçacık formundaki yoğun polimerlerin ise sıkışmayı artırabildiği bildirilmektedir (Lozano ve diğerleri., 2021; Guo ve diğerleri., 2020). Yoğun mekanizasyonun uygulandığı tahıl alanlarında bu etki daha belirgin hâle gelebilir. Sıkışmanın artması kök penetrasyonunu sınırlandırmakta, infiltrasyon hızını azaltmakta ve oksijen difüzyonunu baskılamaktadır (Chen ve diğerleri., 2022a; Yu ve diğerleri., 2021). Bu nedenle mikroplastik kaynaklı yapısal bozulmalar, özellikle kurak koşullarda tahılların suya erişim kapasitesini daha kırılgan hâle getirebilmektedir.

Toprak–Su Dinamiklerinin Değişimi

Mikroplastiklerin toprak–su ilişkileri üzerindeki etkileri, tahıl agroekosistemleri açısından en kritik araştırma alanlarından biridir. Toprağın su tutma kapasitesi agregat yapısı ve gözenek organizasyonuyla doğrudan ilişkilidir. Mikroplastiklerin bu yapıları değiştirmesi, tarla kapasitesi ve kullanılabilir su miktarı üzerinde belirgin sonuçlar doğurabilmektedir. Lif formundaki partiküller bazı koşullarda su tutmayı artırabilir; fakat düzensiz gözenek yapısı oluşturarak bitki tarafından erişilebilir su oranını azaltabilir (de Souza Machado ve diğerleri., 2019; Guo ve diğerleri., 2021). Bu durum, toprakta bulunan toplam su miktarı ile köklerin gerçekten kullanabildiği su arasında önemli bir fark oluşabileceğini göstermektedir.Tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki ilişkinin mikroplastik varlığıyla değişmesi, kuraklık hassasiyetini artıran temel mekanizmalardan biridir. Mikroplastiklerin ince gözeneklerde oluşturduğu fiziksel düzensizlikler, suyun tutulma enerjisini etkileyebilir ve köklerin suya erişimini zorlaştırabilir (Zhou ve diğerleri., 2020; Wan ve diğerleri., 2021). Özellikle kuraklık dönemlerinde, toprakta nem bulunmasına rağmen tahıllar fizyolojik su eksikliği yaşayabilmektedir. Bu durum klasik kuraklık değerlendirmesinin ötesinde, hidrofiziksel erişim problemi olarak ele alınmalıdır (Lozano ve Rillig, 2020; O'Connor ve diğerleri., 2019).İnfiltrasyon hızındaki değişimler, mikroplastiklerin toprak su hareketleri üzerindeki etkilerini belirleyen ana mekanizmalardan biridir. Mikroplastik partikülleri gözenek bağlantılarını değiştirerek suyun profil içindeki ilerleme hızını etkileyebilmektedir. Lifsel

mikroplastikler bazı durumlarda infiltrasyonu artırabilirken, yüksek yoğunluklu parçacıklar su hareketini yavaşlatabilmektedir (Büks ve Kaupenjohann, 2020; Zhang ve diğerleri., 2022). Bu farklılıklar toprak tekstürü, partikül boyutu ve mikroplastik yoğunluğuna bağlıdır. İnfiltrasyon sürecindeki düzensizlikler yüzey akışı riskini artırmakta, yoğun yağış koşullarında erozyon süreçlerini hızlandırabilmektedir (Li ve diğerleri., 2021;).

Doygun hidrolik iletkenlikteki değişimler, mikroplastiklerin toprak su rejimi üzerindeki en kritik etkilerinden biridir. Hidrolik iletkenlikteki azalma, suyun kök bölgesine dengeli biçimde ulaşmasını sınırlandırabilir. Mikroplastiklerin agregatlar arasında fiziksel bariyer oluşturması dikey su hareketini yavaşlatırken, lifsel partiküller bazı koşullarda tercihli akış kanalları oluşturarak suyun düzensiz taşınmasına yol açabilmektedir (Dong ve diğerleri., 2022; Guo ve diğerleri., 2021). Tahıl üretim sistemlerinde bu süreç, kök bölgesinde heterojen nem dağılımı oluşturarak su kullanım etkinliğini azaltabilir.

Tablo 1. Mikroplastiklerin Toprak Fiziksel Özellikleri ve Hidrofiziksel Süreçler Üzerindeki Başlıca Etkileri

Etkilenen toprak parametresi	**Mikroplastik kaynaklı temel değişim**	**Olası agronomik ve hidrolojik sonuç**
Agregat stabilitesi	Toprak parçacıkları arasındaki bağlanmanın zayıflaması ve agregat bütünlüğünün bozulması	Yüzey kabuklanması, erozyon eğilimi ve yapısal hassasiyette artış
Makro gözenek yapısı	Büyük gözeneklerin sürekliliğinde ve bağlantısallığında düzensizlik oluşması	İnfiltrasyon hızında değişim, yüzey akışında artış ve drenaj dengesinde bozulma
Mikro gözenek yapısı	İnce gözenek dağılımının değişmesi ve kapiler su hareketinin farklılaşması	Bitki tarafından kullanılabilir su miktarında azalma ve kısa süreli su stresi eğiliminde artış
Hacim ağırlığı	Polimer tipi, parçacık boyutu ve yoğunluğa bağlı olarak hacim ağırlığında artış ya da azalma	Kök penetrasyonunda güçlük, kök bölgesi havalanmasında bozulma ve fide gelişiminde baskılanma
Hidrolik iletkenlik	Su iletim yollarının kesintiye uğraması ve dikey su hareketinin düzensizleşmesi	Toprak neminde heterojen dağılım, sulama etkinliğinde azalma ve lokal kuraklık bölgelerinin oluşması
Tarla kapasitesi	Toprağın su depolama ve tutma kapasitesinde polimer özelliklerine bağlı değişim	Kuraklık hassasiyetinde artış, sulama aralıklarının daralması ve su yönetimi ihtiyacının yükselmesi
Buharlaşma dinamiği	Yüzey nem kaybının mikroplastik birikimi ve yüzey örtü etkisine bağlı olarak değişmesi	Su kullanım etkinliğinde düşüş, üst toprak nem rejiminde dalgalanma ve erken dönem bitki stresinde artış

Buharlaşma, Kapillarite ve Nem Rejimi Bozulmaları

Toprak yüzeyinde biriken mikroplastikler, buharlaşma dinamikleri ve yüzey enerji dengesi üzerinde belirgin değişimler oluşturabilmektedir. Açık renkli plastik parçacıkların yüzey sıcaklığını değiştirmesi, su kaybı ve nem korunumu üzerinde farklı sonuçlar doğurur. Bazı çalışmalarda mikroplastiklerin yüzeyden su kaybını artırdığı, bazı koşullarda kabuklaşma ve yüzey örtüsü etkisiyle geçici nem koruyucu rol üstlendiği bildirilmektedir (Wan ve diğerleri., 2019; Zhang ve diğerleri., 2021). Uzun dönemde bu etki, düzenli nem korunmasından çok heterojen su dağılımı ile ilişkilidir. Tahıl agroekosistemlerinde bu durum, özellikle tane dolum döneminde fizyolojik stres baskısını artırabilecek bir hidrofiziksel bozulma alanı oluşturmaktadır (Trnka ve diğerleri., 2014).Mikroplastiklerin kapillar su hareketleri üzerindeki etkisi, toprak su rejimindeki bozulmanın ana mekanizmalarından biridir. Gözenek bağlantılarının değişmesi, suyun alt katmanlardan yüzeye taşınmasını düzensizleştirmekte; yüzey kurumasının hızlandığı yarı kurak bölgelerde bu etki daha belirgin hâle gelmektedir (Büks ve

Kaupenjohann, 2020; Lozano ve diğerleri., 2021). Kapillar sürekliliğin zayıflaması, kök bölgesindeki suyun homojen dağılımını sınırlandırarak tahıllarda su alım etkinliğini düşürebilmektedir (Qi ve diğerleri., 2020; Guo ve diğerleri., 2021).Kök bölgesinde oluşan heterojen nem dağılımı, mikroplastik kaynaklı hidrofiziksel düzensizliklerin en önemli sonuçlarından biridir. Buğday ve mısır gibi geniş kök sistemine sahip türlerde bazı kök bölgelerinin aşırı kuru, bazı bölgelerin nispeten nemli kalması su alımını dengesizleştirmekte; stomatal davranış, fotosentetik kapasite ve kuraklık yanıtlarını daha karmaşık hâle getirmektedir (Lozano ve Rillig, 2020). Bu bağlamda toprakta bulunan toplam su miktarından çok, suyun kök bölgesinde ne ölçüde erişilebilir olduğu belirleyici hâle gelir. Mikroplastiklerin oluşturduğu fiziksel düzensizlikler, kurak dönemlerde su kullanım etkinliğini sınırlandırarak tahılların stres tolerans kapasitesini azaltabilmektedir (Liu ve diğerleri., 2022a). Bu yönüyle mikroplastikler, iklim değişikliğiyle birleşen yeni nesil kuraklık güçlendiricileri arasında değerlendirilmektedir.

Toprak Tipine ve Mikroplastik Özelliklerine Bağlı Farklılaşmalar

Mikroplastiklerin toprak üzerindeki etkileri agroekosistemler arasında aynı biçimde ortaya çıkmaz. Toprak tekstürü, organik madde düzeyi ve mineral kompozisyonu, partiküllerin hareketliliğini, tutulmasını ve hidrofiziksel etkilerini belirleyen temel değişkenlerdir. Kumlu topraklarda yüksek infiltrasyon kapasitesi mikroplastik hareketliliğini artırabilirken, killi topraklarda agregatlar arasında tutulma eğilimi güçlenebilmektedir (de Souza Machado ve diğerleri., 2018; Wang ve diğerleri., 2020). Tınlı topraklarda su tutma kapasitesi ve gözenek organizasyonu bakımından ara özellikler görülmekte; bu durum mikroplastik etkilerinin bölgesel toprak koşullarıyla birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Zhou ve diğerleri., 2021; Yu ve diğerleri., 2021).Polimer tipi, yoğunluk ve partikül boyutu da hidrofiziksel etkinin yönünü değiştirmektedir. Polietilen gibi düşük yoğunluklu polimerler yüzey katmanlarında birikme eğilimi gösterirken, daha yoğun partiküller dikey taşınıma daha yatkın davranabilmektedir (Guo ve diğerleri., 2020; Chae ve An, 2018). Nanoplastik boyutuna yaklaşan küçük partiküller gözenek sistemine daha kolay entegre olmakta ve kök bölgesindeki fiziksel etkileşimleri artırabilmektedir (Qi ve diğerleri., 2020).Mikroplastik formu da etki mekanizmasını belirgin biçimde değiştirir. Lifsel mikroplastikler gözenek sürekliliğini bozarak su hareketini düzensizleştirebilirken, parçacık formundaki polimerler agregatlar arasında fiziksel bariyer etkisi oluşturabilmektedir (Lozano ve diğerleri., 2021; Boots ve diğerleri., 2019). Lifler bazı koşullarda su hareketini hızlandırabilir; fakat bu durum kök bölgesinde heterojen nem alanları ve stres yoğunlaşmasıyla sonuçlanabilir. Parçacık formundaki mikroplastikler ise infiltrasyon ve hidrolik iletkenlik üzerinde daha baskın etkiler oluşturabilmektedir (Guo ve diğerleri., 2021; Wang ve diğerleri., 2019).

4. Rizosfer Süreçleri, Mikrobiyal Ağlar ve Besin Döngülerinde Mikroplastik Kaynaklı Bozulmalar

Kök–Mikroplastik Etkileşimleri

Rizosfer, bitkinin toprakla en yoğun temas kurduğu alandır. Bu bölgede oluşan fiziksel ve biyokimyasal değişimler, kök gelişimini doğrudan üretim performansına taşır. Mikroplastik birikimi, tahıllarda kök mimarisini sessiz fakat kalıcı biçimde dönüştüren bir baskı alanı oluşturur. Lifsel mikroplastikler kök uzama yönünü değiştirebilir, lateral kök oluşumunu düzensizleştirebilir ve kök kalınlığında beklenmeyen farklılaşmalara yol açabilir (Qi ve diğerleri., 2020; Boots ve diğerleri., 2019). Bu değişim, kökün suya, oksijene ve besin elementlerine erişim biçimini yeniden düzenler.Toprak agregatları arasına yerleşen plastik parçacıklar, kök ucunun ilerlediği mikrokanalları kesintiye uğratabilir. Parçacık formundaki yoğun polimerlerde kök ucu ile toprak matriksi arasında mekanik karşı basınç oluşur (de Souza Machado ve diğerleri., 2018; Lozano ve diğerleri., 2021). Tahıllarda derin köklenme, kurak dönemde alt katmanlardaki su rezervlerine erişim için gereklidir. Mikroplastik baskısı kökü yüzeysel profile zorladığında, kuraklık etkisi kök bölgesinde daha sınırlayıcı hâle gelir (Guo ve diğerleri., 2021; Liu ve diğerleri., 2022b).Kök salgılarındaki değişim, bu etkileşimin biyokimyasal boyutunu oluşturur. Tahıl kökleri organik asitler, şekerler, amino asitler ve fenolik bileşikler aracılığıyla rizosfer mikrobiyotasını yönlendirir. Mikroplastik varlığı bu salgı düzenini değiştirdiğinde, faydalı simbiyotik

gruplar gerileyebilir ve stres koşullarına daha dayanıklı fırsatçı türler öne çıkabilir (Huang ve diğerleri., 2019; Fei ve diğerleri., 2020). Rizosferde karbon akışının değişmesi, besin elementi mobilizasyonunu daha kırılgan bir yapıya taşır (Zhou ve diğerleri., 2021; Wang ve diğerleri., 2022).

Rizosfer Mikrobiyotasında Yapısal ve Fonksiyonel Değişimler

Mikroplastiklerin rizosfer mikrobiyotasına etkisi polimer tipi, partikül şekli, toprak nemi ve organik madde düzeyine göre değişir. Buna karşın ortak eğilim, mikrobiyal ağ kararlılığının zayıflamasıdır. Plastik yüzeylerde gelişen biyofilm tabakaları doğal mikrobiyal dağılımı bozmakta ve bazı mikroorganizmalar için yeni tutunma alanları oluşturmaktadır (de Souza Machado ve diğerleri., 2019; Yang ve diğerleri., 2021). Bu yeni mikrohabitatlarda tür çeşitliliği artmış gibi görünse de asıl belirleyici unsur, toplulukların karbon dönüşümü, azot çevrimi ve kök destek fonksiyonlarını sürdürme kapasitesidir (Zhang ve diğerleri., 2022; Chen ve diğerleri., 2020b).Faydalı mikroorganizmaların baskılanması, tahıl üretim sistemlerinde mikroplastik etkisinin en kritik biyolojik sonuçlarından biridir. Azot bağlayıcı bakteriler, fosfor çözücü mikroorganizmalar ve mikorizal fungal ağlar, düşük girdili veya kuraklık baskısı altındaki alanlarda bitki gelişiminin görünmeyen destek sistemidir. Mikroplastikler bu ağları fiziksel olarak kesintiye uğratabilir; yüzeylerinde taşıdıkları katkı maddeleri ve kirleticiler yoluyla biyokimyasal stres de oluşturabilir (Rillig ve Lehmann, 2020; Yu ve diğerleri., 2020). Lifsel mikroplastiklerin mikorizal bağlantıları zayıflatması, fosfor alımı ve suya erişim süreçlerini kırılganlaştırmaktadır (Lozano ve Rillig, 2020).Toprak enzim aktiviteleri, rizosferdeki biyolojik bozulmayı izlemek için hassas göstergeler sunar. Dehidrogenaz, üreaz ve fosfataz aktivitelerindeki düşüşler, mikrobiyal metabolizmanın baskılandığını ve besin döngülerinin yavaşladığını gösterir (Fei ve diğerleri., 2020; Huang ve diğerleri., 2019). Bu zayıflama organik madde parçalanmasını, azotun mineral forma dönüşümünü ve fosforun bitki tarafından alınabilir hâle gelmesini sınırlandırarak tahıl kök bölgesinde beslenme ritmini bozar (Wang ve diğerleri., 2021; Qi ve diğerleri., 2020).

Karbon ve Azot Döngülerine Etkiler

Karbon döngüsü, mikroplastiklerin rizosferde yarattığı değişimi güçlü biçimde yansıtır. Toprak organik maddesinin mineralizasyonu aktif mikrobiyal topluluklara ve enzim sürekliliğine bağlıdır. Mikroplastikler agregat yapısını zayıflattığında veya mikrobiyal kompozisyonu değiştirdiğinde karbon akışı düzensizleşir (Lehmann ve diğerleri., 2020; Yang ve diğerleri., 2020). Bazı koşullarda karbon mineralizasyonu hızlanırken, farklı toprak ve polimer koşullarında ayrışma yavaşlayabilir. Bu değişkenlik, mikroplastik etkisinin tek bir toksisite katsayısına indirgenemeyeceğini gösterir (Zhou ve diğerleri., 2020; Guo ve diğerleri., 2021).Azot döngüsündeki kırılmalar tahıllar açısından daha doğrudan sonuç üretir. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri rizosferin mikrobiyal dengesine yüksek düzeyde duyarlıdır. Mikroplastik birikimi nitrifikasyon bakterilerini baskıladığında amonyum–nitrat dengesi bozulur ve bitkinin azot alım ritmi kesintiye uğrar (Sun ve diğerleri., 2020; Liu ve diğerleri., 2021). Tahıllarda protein oluşumu büyük ölçüde azot alımına bağlı olduğundan, bu değişim biyokütle üretimi ve tane kalitesi üzerinde etkili olabilir (Chen ve diğerleri., 2022; Wang ve diğerleri., 2020).Mikrobiyal karbon kullanım etkinliği, toprak sisteminin enerji ekonomisini anlamada güçlü bir göstergedir. Mikroorganizmalar alınan karbonu biyokütleye yeterince dönüştüremediğinde sistem daha fazla enerji harcar, fakat daha az kalıcı organik madde üretir. Mikroplastik stresi altında bu verimlilik düşebilir ve karbonun stabil fraksiyonlara aktarımı zayıflayabilir (de Souza Machado ve diğerleri., 2019; Rillig ve diğerleri., 2021). Tahıl agroekosistemlerinde bu durum, toprak organik madde rezervi ve biyolojik işlevlerin sürekliliği açısından önem taşır (Lehmann ve diğerleri., 2020; Yang ve diğerleri., 2021).

Mikroplastiklerin Taşıyıcı Yüzey Olarak Rolü

Mikroplastikler toprakta pasif parçacıklar değildir. Yüzey özellikleri nedeniyle ağır metaller, pestisitler ve organik kirleticiler için taşıyıcı platformlara dönüşebilir. Hidrofobik yüzeyler ve yaşlanmayla artan yüzey pürüzlülüğü, kirleticilerin plastik parçacıklar üzerinde tutulmasını kolaylaştırır (Tourinho ve diğerleri., 2019). Kadmiyum, kurşun ve çinko gibi elementlerin mikroplastik yüzeylerine bağlanması,

kök bölgesinde lokal toksisite alanları oluşturabilir (Zhang ve diğerleri., 2021; Zhou ve diğerleri., 2021).Pestisit taşınımı bu riski daha karmaşık hâle getirir. Herbisit ve fungisit molekülleri mikroplastik yüzeylerinde tutulduğunda, toprakta kalış süreleri uzayabilir ve hedef dışı biyolojik gruplar üzerindeki baskı artabilir (Hüffer ve diğerleri., 2019; Wang ve diğerleri., 2022). Tahıl üretim alanlarında pestisit uygulamaları dönemsel yoğunluk gösterdiği için, mikroplastik varlığı bu kimyasalların çevresel davranışını değiştiren ek bir değişkene dönüşür.Organik kirleticilerle kurulan etkileşimler, mikroplastiklerin çevresel riskini genişletir. Poliaromatik hidrokarbonlar ve kalıcı organik kirleticiler plastik yüzeylere bağlanarak toprakta daha dirençli kirletici havuzları oluşturabilir (Fred-Ahmadu ve diğerleri., 2020). Mikroplastik yoğunluğu düşük görünse bile taşınan kirletici yükü rizosferde yüksek toksisite baskısı oluşturabilir. Bu nedenle risk değerlendirmesi partikül sayısının ötesine geçmeli; kök bölgesindeki birleşik kirletici yükünü de dikkate almalıdır.

Kök çevresinde biriken plastik parçacıklar ve bunlara tutunan kirleticiler, oksidatif stres mekanizmalarını tetikleyebilir; hücresel zar bütünlüğünü, enzim dengesini ve besin alım süreçlerini zayıflatabilir (Liu ve diğerleri., 2022a; Wang ve diğerleri., 2021). Kuraklık baskısı altında bu etki daha belirgin hâle gelir. Suya erişimi sınırlanan bitki, aynı anda kök bölgesinde kimyasal baskıyla karşılaşır. Bu nedenle mikroplastikler tahıl agroekosistemlerinde kirletici parçacıklardan öte, rizosfer toksisitesini yeniden organize eden aktif yüzeyler olarak ele alınmalıdır (Rillig ve Lehmann, 2020; Guo ve diğerleri., 2021).

Şekil 3. Rizosferde Mikroplastik Kaynaklı Biyolojik Bozulma Modeli

5. Tahıllarda Fizyolojik, Biyokimyasal ve Verimsel Yanıtlar

Çimlenme ve Erken Gelişim Evresi Tepkileri

Çimlenme evresi, tahılların çevresel streslere en açık dönemlerinden biridir. Mikroplastiklerin tohum çevresinde oluşturduğu fiziksel ve kimyasal değişimler, su alımını etkileyerek çimlenme dinamiklerini bozabilmektedir. Küçük boyutlu plastik partiküller tohum yüzeyinde bariyer etkisi oluşturabilir, imbibisyonu yavaşlatabilir ve çimlenme oranı ile çimlenme hızında gerilemeye yol açabilir (Bosker ve diğerleri., 2019; Qi ve diğerleri., 2018). Mikroplastik yoğunluğundaki artış, çimlenmenin daha heterojen ilerlemesine neden olarak tarla çıkış uniformitesini ve erken dönem rekabet gücünü zayıflatabilmektedir (Pignattelli ve diğerleri., 2020).Koleoptil ve kök gelişimindeki değişimler, mikroplastik baskısının erken dönemdeki ilk morfolojik göstergeleri arasındadır. Lifsel mikroplastikler kök yönelimini

değiştirebilirken, ince partiküller hücre genişlemesini baskılayabilmektedir (Boots ve diğerleri., 2019; Lozano ve diğerleri., 2021). Tahıllarda koleoptil uzunluğu çıkış başarısı açısından kritik olduğundan, mikroplastiklerin oluşturduğu düzensiz fiziksel ortam çıkış gecikmelerine neden olabilir. Erken dönemde gelişen bu sapmalar, ilerleyen büyüme aşamalarında kök hacmi ve sürgün gelişimi üzerinde kalıcı etkiler bırakabilmektedir.Tohum canlılığı üzerindeki etkiler fiziksel baskıyla sınırlı değildir. Mikroplastik yüzeylerinde taşınan katkı maddeleri ve çevresel kirleticiler, embriyonik dokularda metabolik düzensizlik oluşturabilmektedir (Zhou ve diğerleri., 2020; Wang ve diğerleri., 2021). Erken dönemde oksidatif stresin yükselmesi, membran bütünlüğünü zayıflatmakta ve tohum vigorunu düşürebilmektedir (Liu ve diğerleri., 2022; Jiang ve diğerleri., 2019). Bu durum tahıllarda çıkış başarısının yanında sonraki stres tolerans kapasitesini de etkileyen bir başlangıç dezavantajı yaratmaktadır.

Su İlişkileri ve Fotosentetik Yanıtlar

Mikroplastiklerin tahıllarda oluşturduğu fizyolojik baskının merkezinde su ilişkileri yer almaktadır. Toprak–su dinamiklerindeki düzensizlikler, yaprak su potansiyelini etkileyerek bitkinin hidrolik dengesini kırılgan hâle getirebilmektedir (Guo ve diğerleri., 2021; Lozano ve Rillig, 2020). Kök bölgesinde gelişen heterojen nem dağılımı, suyun bitki içinde dengeli taşınmasını zorlaştırmakta; transpirasyon akışını düzensizleştirerek fizyolojik kuraklık belirtilerinin daha erken ortaya çıkmasına yol açabilmektedir.Nispi su içeriğindeki düşüş, mikroplastik baskısı altındaki tahıllarda sık gözlenen yanıtlardan biridir. Yaprak dokularında artan su kaybı, hücresel turgorun korunmasını güçleştirmekte ve yüksek sıcaklık koşullarında stres yoğunluğunu artırmaktadır (Liu ve diğerleri., 2022b; Chen ve diğerleri., 2022). Mikroplastiklerin kök bölgesinde oluşturduğu fiziksel düzensizlikler, toprakta nem bulunsa bile bitkinin efektif su erişimini sınırlandırabilmektedir (Guo ve diğerleri., 2021; Wang ve diğerleri., 2020).Stomatal davranıştaki değişimler, mikroplastik kaynaklı hidrofizyolojik baskının doğrudan göstergelerindendir. Stomatal kapanmanın hızlanması kısa vadede su kaybını azaltabilir; uzun vadede karbon asimilasyonunu baskılar (Zhang ve diğerleri., 2021). Kuraklıkla birleşen mikroplastik stresi altında stomatal iletkenlik azalmakta, fotosentetik aktivite zayıflamakta ve biyokütle üretimi sınırlanmaktadır (Lozano ve diğerleri., 2021; Yang ve diğerleri., 2020). Klorofil sentezinin baskılanması, fotosistem II aktivitesindeki düşüş ve elektron taşınım zincirindeki düzensizlikler, tane dolum döneminde verim kayıplarına zemin hazırlayabilmektedir (Bosker ve diğerleri., 2019; Wang ve diğerleri., 2022; Liu ve diğerleri., 2021).

Oksidatif Stres ve Hücresel Hasar Mekanizmaları

Mikroplastiklerin oluşturduğu fizyolojik baskının önemli bölümü oksidatif stres üzerinden ilerler. Reaktif oksijen türlerinin aşırı birikimi, proteinler, lipidler ve nükleik asitler üzerinde hasar oluşturabilmektedir (Jiang ve diğerleri., 2019; Sun ve diğerleri., 2020). Tahıllarda süperoksit radikali ve hidrojen peroksit düzeylerindeki artış, stres yoğunluğunun hücresel eşikleri aşmaya başladığını göstermektedir (Liu ve diğerleri., 2022a; Chen ve diğerleri., 2022).Lipid peroksidasyonu, mikroplastik stresinin membran sistemleri üzerindeki etkisini gösteren temel göstergelerden biridir. Hücre zarındaki doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkıma uğraması, membran geçirgenliğini artırmakta ve iyon dengesini bozabilmektedir (Wang ve diğerleri., 2021; Zhang ve diğerleri., 2022). Malondialdehit birikiminin kök dokularında daha belirgin olması, rizosfer kaynaklı stresin ilk olarak kök hücrelerinde yoğunlaştığını düşündürmektedir.Antioksidan savunma sistemleri, tahılların mikroplastik stresine karşı geliştirdiği temel biyokimyasal yanıttır. Süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz aktivitelerinde artış görülebilmekte; bitki belirli bir düzeye kadar oksidatif baskıyı dengelemeye çalışmaktadır (Jiang ve diğerleri., 2019; Liu ve diğerleri., 2021). Stres yoğunluğu arttığında antioksidan kapasite yetersiz kalmakta, uzun süreli maruziyette hücresel hasar daha görünür hâle gelmektedir (Wang ve diğerleri., 2022; Sun ve diğerleri., 2020). Elektrolit sızıntısındaki artış ise membran bütünlüğünün bozulduğunu gösteren kritik bir göstergedir (Chen ve diğerleri., 2022; Zhang ve diğerleri., 2021).

Verim ve Kalite Üzerindeki Sonuçlar

Mikroplastiklerin tahıllarda oluşturduğu fizyolojik baskı, verim bileşenlerine doğrudan yansıyabilmektedir. Başak oluşumundaki azalma, tane sayısındaki gerileme ve dolum süresindeki kısalma en sık bildirilen sonuçlar arasındadır (Qi ve diğerleri., 2020; Lozano ve diğerleri., 2021). Kuraklıkla birleşen mikroplastik baskısı altında fotosentetik kapasitenin düşmesi, asimilasyon ürünlerinin tane gelişimine aktarımını sınırlandırarak tane ağırlığı ve biyokütle üretimini azaltabilmektedir (Guo ve diğerleri., 2021; Yang ve diğerleri., 2020).Biyokütle üretimindeki azalma, kök ve sürgün gelişimindeki düzensizliklerle yakından ilişkilidir. Mikroplastiklerin kök hacmini sınırlandırması, su ve besin elementi alımını baskılamakta; bu etki sürgün gelişimine doğrudan yansımaktadır (Boots ve diğerleri., 2019). Vegetatif dönemde başlayan biyokütle kayıpları, başak oluşumu ve tane dolumu üzerinde kümülatif etki oluşturabilmektedir (Sun ve diğerleri., 2020; Wang ve diğerleri., 2021).Protein ve nişasta içeriğindeki değişimler, mikroplastik stresinin kalite parametrelerine yansıyan önemli yönlerinden biridir. Azot dönüşüm süreçlerindeki düzensizlikler protein sentezini olumsuz etkileyebilirken, karbon metabolizmasındaki bozulmalar nişasta birikimini sınırlandırabilmektedir (Liu ve diğerleri., 2021; Zhang ve diğerleri., 2022). Ekmeklik buğdaylarda protein oranındaki düşüş teknolojik kalite açısından önemli sonuçlar doğurabilir. Çeltik ve mısırda ise nişasta sentezindeki gerileme, enerji depolama kapasitesini zayıflatabilmektedir (Chen ve diğerleri., 2022; Wang ve diğerleri., 2020).Gıda güvenliği riski, mikroplastiklerin tahıl üretim sistemleri üzerindeki en tartışmalı boyutlarından biridir. Küçük boyutlu partiküllerin kökler aracılığıyla bitki dokularına taşınabilme olasılığı, gıda zinciri açısından kaygı oluşturmaktadır (Li ve diğerleri., 2023; Dong ve diğerleri., 2021). Mikroplastik yüzeylerinde ağır metal ve pestisit taşınabilmesi, tahıl tanelerinde dolaylı toksisite riskini artırabilmektedir (Wang ve diğerleri., 2022; Zhou ve diğerleri., 2020). Bu nedenle mikroplastik baskısı üretim kaybı ve ürün güvenliği ekseninde birlikte değerlendirilmelidir.

Tahıl Türlerine Özgü Hassasiyet Düzeyleri

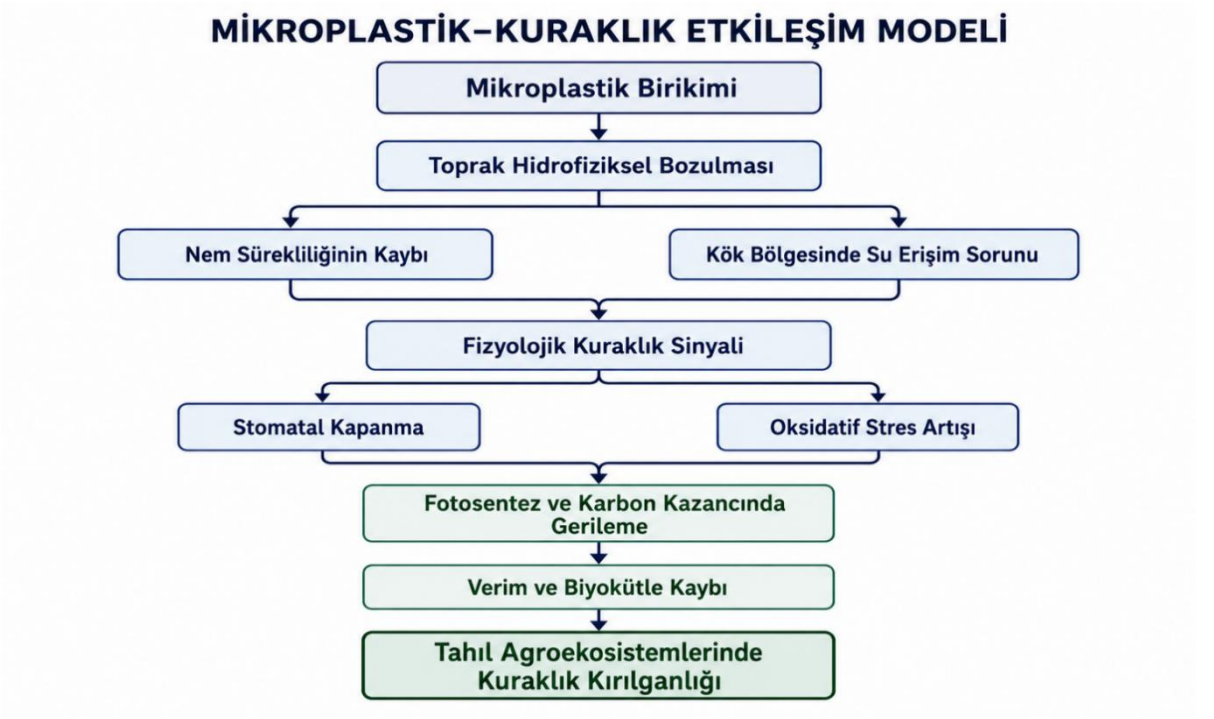
Tahıl türleri mikroplastik stresine aynı düzeyde yanıt vermez. Buğday, geniş kök sistemi ve yüksek su talebi nedeniyle hidrofiziksel düzensizliklerden belirgin biçimde etkilenebilmektedir. Kök bölgesinde nem heterojenliği oluştuğunda, buğdayın fizyolojik su dengesi hızla bozulabilir (Qi ve diğerleri., 2020; Lozano ve diğerleri., 2021). Protein kalitesine dayalı üretim sistemlerinde bu etki daha kritik hâle gelmektedir.Arpa, görece dayanıklı bir tür olarak görülse de erken gelişim döneminde mikroplastik baskısına hassasiyet gösterebilmektedir. Çimlenme ve koleoptil gelişimindeki gerilemeler arpa çıkış performansını etkileyebilir (Bosker ve diğerleri., 2019; Sun ve diğerleri., 2020). Arpanın düşük su koşullarına adaptasyon kapasitesi, bazı çevresel koşullarda stres etkisini kısmen sınırlayabilmektedir.Mısır, yüksek biyokütle üretimi ve yoğun su tüketimi nedeniyle mikroplastik kaynaklı hidrofizyolojik baskıya duyarlı türler arasındadır. Kök gelişimindeki sınırlanmalar, özellikle sıcak dönemlerde fotosentetik kapasitenin hızla düşmesine yol açabilmektedir (Guo ve diğerleri., 2021). Çeltik ise su altında yetiştirme koşulları nedeniyle farklı bir risk profiline sahiptir. Sulama kaynaklı mikroplastik taşınımı ve anaerobik toprak koşulları, mikroplastik davranışını diğer tahıllardan farklılaştırabilmektedir (Li ve diğerleri., 2020; Wang ve diğerleri., 2021).Tritikale üzerine yürütülen çalışmalar sınırlıdır. Buna rağmen geniş adaptasyon kapasitesi nedeniyle bu tür, mikroplastik–kuraklık etkileşimlerinin incelenmesi açısından değerli bir model olabilir. Stres toleransı yüksek genotiplerin rizosfer düzeyindeki yanıtları, sürdürülebilir tahıl üretimi için önemli bilgiler sağlayabilir (Liu ve diğerleri., 2022b; Yang ve diğerleri., 2021).

6.Mikroplastik–Kuraklık Etkileşimi: Tahıl Agroekosistemlerinde Yeni Nesil Çoklu Stres Mekanizması

Mikroplastiklerin Kuraklık Etkisini Şiddetlendirme Potansiyeli

Kuraklık, tahıl üretiminde temel verim sınırlayıcılarından biridir; güncel bulgular ise bu baskının mikroplastik varlığında daha karmaşık bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. Mikroplastikler, toprak

hidrofiziğini değiştirerek kök bölgesinde su hareketlerini düzensizleştirmekte ve tahılların fizyolojik su eksikliğini gerçek toprak kurumasından daha erken algılamasına neden olabilmektedir (Chaves ve diğerleri., 2003; Rillig ve diğerleri., 2019). Heterojen dağılan plastik partiküller gözenek sürekliliğini kesintiye uğratırken, lifsel mikroplastikler kapillar bağlantıları bozabilmekte; parçacık formundaki polimerler lokal su bariyerleri oluşturabilmektedir (Vereecken ve diğerleri., 2007; O'Connor ve diğerleri., 2019). Böylece aynı kök sistemi içinde bazı bölgeler kronik su eksikliği yaşarken, bazı alanlar kısa süreli nem fazlalığıyla karşılaşabilir. Bu parçalı nem yapısı, kök sisteminin enerji kullanımını zorlaştırmakta ve su alımını daha maliyetli hâle getirmektedir (Hillel, 1998; Lozano ve Rillig, 2020). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde asıl belirleyici unsur toplam su miktarı değil, mevcut suyun kök tarafından ne ölçüde erişilebilir kaldığıdır. Mikroplastik birikimi altında su dağılımının parçalı hâle gelmesi, kök mimarisinin doğal yönelimini bozarak kuraklık baskısını kök bölgesinde daha sınırlayıcı bir erişim problemine dönüştürebilmektedir (de Souza Machado ve diğerleri., 2018; Abbasi ve diğerleri., 2011).Bu birleşik baskı, su kullanım etkinliği ve kuraklık dayanıklılığı üzerinde doğrudan sonuçlar doğurmaktadır. Kök bölgesindeki hidrofiziksel düzensizlikler yaprak su potansiyelini düşürmekte, stomatal kapanmayı erkene çekmekte ve karbon asimilasyonunu sınırlandırmaktadır (Flexas ve Medrano, 2002; Farooq ve diğerleri., 2014). Kısa vadede su kaybını azaltan bu tepki, uzun vadede fotosentetik üretim kapasitesini zayıflatmakta; yüksek sıcaklıkla birleştiğinde tahılların büyüme ritmini daha erken yavaşlatmaktadır (Barnabás ve diğerleri., 2008; Seleiman ve diğerleri., 2021). Aynı süreçte prolin, çözünür şekerler ve osmoprotektan bileşiklerle yürütülen osmotik düzenleme daha erken devreye girmekte; bu durum büyüme ile savunma mekanizmaları arasında enerji maliyeti yüksek bir denge oluşturmaktadır (Blum, 2011; Ashraf ve Foolad, 2007; Chaves ve diğerleri., 2009; Hasanuzzaman ve diğerleri., 2018). Kök uçlarında oksidatif stresin yoğunlaşması ve membran stabilitesinin zayıflaması, mikroplastiklerin kuraklık etkisini hücresel düzeye taşıyan aktif çevresel düzenleyiciler gibi davrandığını göstermektedir (Foyer ve Noctor, 2005; Mittler, 2006; Liu ve diğerleri., 2022b). Derin kök sistemine sahip tahıllar belirli ölçüde avantaj sağlayabilse de, mikroplastiklerin kök penetrasyonunu sınırlandırdığı koşullarda bu avantaj zayıflar. Tane dolum döneminde gelişen su stresi; buğdayda dolum süresinin kısalması, arpada erken yaşlanma belirtileri ve mısırda biyokütle kaybı şeklinde verim bileşenlerine yansıyabilmektedir (Bengough ve diğerleri., 2011; Qi ve diğerleri., 2020; Cattivelli ve diğerleri., 2008; Lesk ve diğerleri., 2016).



Şekil 4. Mikroplastik- Kuraklık Etkileşim Modeli

İklim Değişikliği ve Mikroplastik Baskısının Birleşik Etkileri

İklim değişikliğiyle artan sıcaklık dalgalanmaları, mikroplastiklerin toprak sistemindeki davranışını daha karmaşık hâle getirmektedir. Yüksek sıcaklıklar plastik bozunmasını hızlandırarak daha küçük ve hareketli partiküllerin oluşmasına neden olmakta; aynı süreç yüzey buharlaşmasını artırarak nem düzensizliklerini daha görünür hâle getirmektedir (Andrady, 2011; Chamas ve diğerleri., 2020). Böylece sıcaklık stresi ve mikroplastik baskısı, tahıl agroekosistemlerinde birbirini güçlendiren eş zamanlı süreçler olarak ilerlemektedir (IPCC, 2023; Yang ve diğerleri., 2021).Kurak bölgelerde bu birleşik baskı üretim kırılganlığını daha da derinleştirmektedir. Organik madde düzeyi düşük, su rezervleri sınırlı topraklarda mikroplastik etkileri daha belirgin ortaya çıkmaktadır (Horton ve diğerleri., 2017; Geissen ve diğerleri., 2015). Kısa vejetasyon süresine sahip karasal bölgelerde kısa süreli su eksiklikleri bile ciddi verim kayıplarına yol açabilir. Mikroplastik baskısı bu hassas dengeyi zayıflatarak tahılların çevresel tampon kapasitesini düşürmektedir.Sürdürülebilir tahıl üretimi açısından mikroplastik–kuraklık etkileşimi, geleceğin kritik agroekolojik risk alanlarından biridir. Bu baskı verim azalmasıyla sınırlı kalmamakta; toprak biyolojisinin zayıflaması, su kullanım etkinliğinin gerilemesi, karbon döngüsünün bozulması ve ürün kalitesindeki düşüşle birlikte ilerlemektedir (FAO, 2021; Philippot ve diğerleri., 2013). Bu nedenle risk projeksiyonlarında iklim parametreleriyle birlikte mikroplastik birikim dinamikleri de dikkate alınmalıdır.

7. Sürdürülebilir Toprak ve Su Yönetimi Açısından Azaltım ve İyileştirme Yaklaşımları

Tarımda plastik kullanımının kısa vadede tamamen ortadan kalkması gerçekçi değildir. Buna karşın tahıl agroekosistemlerinde plastik girdilerinin kontrolsüz artışı, mikroplastik yükünü büyüten yapısal bir sorun hâline gelmiştir. Bu nedenle azaltım yaklaşımı, plastik kullanımını düşürmenin yanında kullanım biçimini yeniden tasarlamaya dayanmalıdır. Biyobozunur malç materyalleri, nişasta bazlı polimerler, polilaktik asit türevleri ve biyokompozitler çevresel kalıcılığı azaltma potansiyeli taşımaktadır; ancak bu materyallerin düşük sıcaklık ve sınırlı mikrobiyal aktiviteye sahip arazi koşullarında beklenen hızda ayrışmadığı unutulmamalıdır (Kasirajan ve Ngouajio, 2012; Sintim ve Flury, 2017; Bandopadhyay ve diğerleri., 2018; Hayes ve diğerleri., 2019). Organik yüzey örtülerinin kullanılması, kontrollü salınımlı gübrelerin hedefe yönelik uygulanması, tek kullanımlık plastik materyallerin azaltılması ve hasat sonrası plastik kalıntıların toplanarak geri kazanım zincirine dâhil edilmesi, mikroplastik oluşumunu sınırlandırabilecek temel uygulamalar arasında yer almaktadır (Kyrikou ve Briassoulis, 2007; Steinmetz ve diğerleri., 2016; Liu ve diğerleri., 2014; Huang ve diğerleri., 2020).Mikroplastik baskısı altında sürdürülebilir tahıl üretiminin korunması, toprağın biyofiziksel dayanıklılığının güçlendirilmesine bağlıdır. Organik madde yönetimi bu açıdan merkezi bir stratejidir; çünkü organik madde agregat stabilitesini, su tutma kapasitesini ve mikrobiyal aktiviteyi düzenleyen temel yapısal bileşendir (Lal, 2020; Lehmann ve Kleber, 2015). Organik artıkların düzenli biçimde toprağa kazandırılması, kök bölgesindeki biyolojik tampon kapasitesini artırabilir (Bardgett ve van der Putten, 2014; Six ve diğerleri., 2004). Biyokömür uygulamaları da yüksek yüzey alanı ve adsorpsiyon kapasitesi sayesinde mikroplastiklerin taşıdığı bazı kirleticilerin hareketliliğini sınırlayabilir; gözenek yapısını ve su tutma kapasitesini düzenleyerek kuraklık koşullarında ek avantaj sağlayabilir (Lehmann ve diğerleri., 2011; Palansooriya ve diğerleri., 2020; Abel ve diğerleri., 2013; Blanco-Canqui, 2017). Bununla birlikte biyokömürün etkisi kullanılan hammaddeye ve piroliz sıcaklığına bağlı olarak değiştiğinden, her materyalin aynı iyileştirici sonucu vereceği varsayılmamalıdır.Toprak işleme ve münavebe yönetimi de mikroplastik riskinin azaltılmasında önem taşımaktadır. Yoğun toprak işleme, plastik kalıntıların daha küçük parçalara ayrılmasını ve dikey taşınımını hızlandırabilir (Büks ve Kaupenjohann, 2020; Dong ve diğerleri., 2022). Azaltılmış toprak işleme, doğrudan ekim ve yüzey organik örtüsünün korunması ise agregat yapısını destekleyerek mikroplastik hareketliliğini ve erozyonla taşınımı sınırlayabilir (Hobbs ve diğerleri., 2008; Pittelkow ve diğerleri., 2015). Farklı kök mimarilerine sahip bitkilerin münavebeye alınması, rizosfer biyolojisini daha dengeli hâle getirebilir; baklagil–tahıl rotasyonları mikrobiyal çeşitliliği destekleyerek mikroplastik baskısı altında zayıflayan biyolojik süreçleri belirli ölçüde güçlendirebilir (Drinkwater ve diğerleri., 1998; Finney ve Kaye, 2017).Su yönetimi, mikroplastik azaltım stratejilerinin ayrı bir bileşeni olarak ele alınmalıdır. Sulama sistemleri suyun yanında çözünmüş kirleticiler ve mikroplastik partikülleri için de transfer hattı oluşturabilmektedir (Pérez-Reverón ve

diğerleri., 2022; Gkoutselis ve diğerleri., 2021). Arıtılmış atık suların tarımsal kullanımının artması, özellikle su kıtlığı yaşayan bölgelerde önemli bir seçenek sunsa da mevcut arıtma sistemlerinin mikroplastikleri tam olarak uzaklaştıramaması yeni birikim riskleri doğurmaktadır (FAO, 2020; IPCC, 2023; Nizzetto ve diğerleri., 2016; Mahon ve diğerleri., 2017). Bu nedenle sulama suyu kalite değerlendirmelerinde tuzluluk ve ağır metal parametreleriyle birlikte mikroplastik yükü de izlenmelidir. Bitki örtüsünün korunması, tampon şeritler, kontrollü drenaj ve yüzey akışını azaltan sulama sistemleri mikroplastik taşınımını sınırlayabilir; ancak sulama ekipmanlarının zamanla mikroplastik kaynağına dönüşebileceği de dikkate alınmalıdır (Helcoski ve diğerleri., 2020; Rezaei ve diğerleri., 2019).Mikroplastik–tahıl etkileşimleri konusunda en önemli sınırlılık, çalışmaların büyük bölümünün kısa süreli laboratuvar deneylerine dayanmasıdır. Bu çalışmalar mekanizmaların anlaşılması için değerli olsa da uzun dönemli arazi koşullarını ve kümülatif etkileri tam olarak temsil etmemektedir (Rillig ve diğerleri., 2021; Geissen ve diğerleri., 2015). Mikroplastiklerin ekstraksiyonu, sınıflandırılması ve nicelendirilmesi konusunda ortak protokollerin sınırlı olması, çalışmalar arası karşılaştırmayı güçleştirmektedir (Cowger ve diğerleri., 2020; Hidalgo-Ruz ve diğerleri., 2012). Buğday, arpa, tritikale ve çeltik gibi stratejik tahıllarda farklı toprak tipleri, iklim bölgeleri ve çoklu stres koşullarını kapsayan uzun dönemli araştırmalara ihtiyaç vardır. Mikroplastiklerin kuraklık, sıcaklık stresi, tuzluluk ve besin eksikliğiyle birlikte oluşturduğu etkiler incelenmeden, tahıl agroekosistemlerinin gerçek kırılganlık düzeyi yeterince anlaşılamaz (Boots ve diğerleri., 2019; Qi ve diğerleri., 2018; Mittler, 2006; Atkinson ve Urwin, 2012).

TARTIŞMA

Mikroplastiklerin çevresel etkileri uzun süre toksikolojik perspektifle değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım sucul sistemlerde önemli bilgiler sağlamış olsa da tahıl agroekosistemlerinde ortaya çıkan süreçleri açıklamak için yetersiz kalmaktadır. Tarım topraklarında temel sorun çoğu zaman doğrudan toksisite değildir; toprağın fiziksel organizasyonunun, su rejiminin ve rizosfer işlevselliğinin yeniden şekillenmesidir. Ağır metaller ve pestisitler çoğunlukla biyokimyasal baskı üzerinden etkili olurken, mikroplastikler fiziksel, hidrolik ve biyolojik süreçleri eş zamanlı biçimde değiştirebilmektedir (Rabot ve diğerleri., 2018; Young ve Crawford, 2004). Gözenek sürekliliği, su hareketi, gaz değişimi, kök penetrasyonu ve mikrobiyal kolonizasyon toprak sisteminin işleyişini belirleyen temel unsurlardır. Mikroplastik birikimi bu düzeni parçalı bir yapıya dönüştürerek dışarıdan stabil görünen topraklarda bile kök çevresindeki mikroskobik hidrolik akışı değiştirebilir (Lehmann ve diğerleri., 2020; Vogel ve diğerleri., 2022).

Bu tablo, mikroplastiklerin tahıl agroekosistemlerinde gizli bir yapısal stres faktörü olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Verim kaybı çoğu zaman ani biçimde ortaya çıkmaz; önce kök bölgesinde düzensiz su dağılımı gelişir, ardından mikrobiyal işlevler zayıflar, karbon tahsisi değişir ve fizyolojik dayanıklılık kırılganlaşır (de Souza Machado ve diğerleri., 2019). Kuraklık modelleri çoğu zaman yağış miktarı, sıcaklık ve evapotranspirasyon üzerinden kurgulanmaktadır. Oysa toprağın fiziksel organizasyonundaki değişimler de kuraklık şiddetini doğrudan belirler (Tardieu ve diğerleri., 2018; Passioura, 2007). Mikroplastikler bu noktada yeni bir kırılma alanı oluşturur; su miktarını azaltmaktan çok, suyun kök tarafından erişilebilirliğini bozarak kuraklık etkisini derinleştirebilir (Comas ve diğerleri., 2013; Bengough ve diğerleri., 2016).Mikroplastiklerin etkisi doğrusal değildir. Bazı koşullarda lifsel partiküller geçici su tutma artışı oluşturabilir; uzun vadede ise gözenek organizasyonundaki düzensizlikler daha baskın hâle gelebilir (Wan ve diğerleri., 2019; Lozano ve diğerleri., 2021). Literatürdeki çelişkilerin önemli bir kısmı bu değişken davranıştan kaynaklanmaktadır. Toprak yapısı, nem rejimi, polimer tipi, partikül formu ve kök mimarisi mikroplastik etkisinin yönünü değiştirebilmektedir. Tahıl agroekosistemleri açısından kritik nokta, olası eşik etkisidir. Sistem belirli bir mikroplastik yoğunluğuna kadar direnç gösterebilir; kritik seviyenin aşılmasıyla hidrofiziksel organizasyon hızla bozulabilir. Bu durum özellikle yarı kurak bölgelerde ani verim kırılmaları için güçlü bir açıklama zemini sunmaktadır.

Rizosfer düzeyinde asıl mesele mikrobiyal çeşitlilik kaybından çok, işlevsel dayanıklılığın nasıl değiştiğidir (Berendsen ve diğerleri., 2012; Philippot ve diğerleri., 2013). Tahıl kökleri normal koşullarda karbonu belirli mikrobiyal grupları destekleyecek biçimde yönlendirebilir; mikroplastik

baskısı altında bu seçici ilişki zayıflayabilir. Fırsatçı mikroorganizmaların baskın hâle gelmesi, rizosfer ağlarını daha kırılgan bir yapıya taşıyabilir (de Vries ve diğerleri., 2018; Banerjee ve diğerleri., 2019). Plastik yüzeylerde gelişen biyofilmler yeni kolonizasyon alanları oluştururken, patojenik veya fırsatçı türlerin tutunmasını da kolaylaştırabilir (Zettler ve diğerleri., 2013; Jacquin ve diğerleri., 2019). Fungal ağların ve mikorizal organizasyonun bu baskı altında nasıl değiştiği ise tahıl sistemleri açısından hâlen yeterince açıklanmış değildir. Oysa su kullanım etkinliği ve fosfor alımı büyük ölçüde bu simbiyotik ilişkilere bağlıdır (Smith ve Read, 2008; Begum ve diğerleri., 2019).

Sonuç olarak mikroplastikler, tahıl üretim sistemlerinde çevre kirliliği başlığıyla sınırlı değerlendirilemeyecek kadar derin bir agroekolojik dönüşüme işaret etmektedir. Burada değişen unsur salt toprak kalitesi değil, toprağın çalışma mantığıdır. Su kıtlığı derinleştikçe toprağın hidrofiziksel bütünlüğü, mikrobiyal organizasyonu ve su kullanım verimliliği üretim güvenliği açısından verim kadar belirleyici hâle gelecektir (Foley ve diğerleri., 2011; Rockström ve diğerleri., 2017). Gelecekte "mikroplastik dayanıklılığı yüksek agroekosistem" kavramı daha fazla önem kazanabilir. Hangi toprak tiplerinin daha dirençli olduğu, hangi kök mimarilerinin hidrofiziksel bozulmaya daha iyi uyum sağladığı ve hangi mikrobiyal ağların sistem kararlılığını koruyabildiği yanıtlanması gereken temel sorular arasında yer almaktadır.

SONUÇLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Bu derleme, mikroplastiklerin tahıl agroekosistemlerinde yalnız çevresel kalıntılar şeklinde değerlendirilmesinin artık yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, mikroplastiklerin toprak yapısını, hidrofiziksel süreçleri, rizosfer biyolojisini ve bitki stres yanıtlarını eş zamanlı biçimde etkileyerek sistem düzeyinde dönüşüm oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle kuraklık koşullarıyla birleşen etkiler, tahıl üretim sistemlerinde beklenenden daha yüksek kırılganlık oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Bugüne kadar yürütülen çalışmaların büyük bölümü kısa süreli deneysel sistemlere dayanmaktadır. Buna rağmen mevcut veriler bile, mikroplastiklerin toprak gözenek organizasyonunu değiştirebildiğini, su hareketlerini düzensizleştirdiğini ve kök bölgesindeki biyolojik süreçleri yeniden şekillendirdiğini göstermektedir. Bu etkiler çoğu zaman doğrudan toksisite şeklinde ortaya çıkmamakta; sistem işleyişindeki sessiz bozulmalar üzerinden ilerlemektedir. Tahıl agroekosistemleri açısından en kritik risk de burada ortaya çıkmaktadır. Üretim kayıpları görünür hâle geldiğinde, toprak işlevselliğindeki birçok kırılma süreci çoktan başlamış olabilmektedir. Gelecek araştırmaların en önemli önceliklerinden biri, mikroplastikleri tekil kirletici yaklaşımının dışına çıkararak çoklu stres sistemleri içerisinde değerlendirmek olmalıdır.

Mikroplastik–kuraklık–yüksek sıcaklık etkileşimleri, gelecekte tahıl üretiminin sınırlarını belirleyen temel süreçlerden biri hâline gelebilir. Özellikle yarı kurak bölgelerde bu birleşik streslerin doğrusal olmayan etkiler oluşturabileceği göz ardı edilmemelidir.

Toprak hidrofiziğinin mikro ölçekli organizasyonu da gelecekte daha fazla önem kazanacaktır. Mikroplastiklerin kapillar hareketleri, infiltrasyon sürekliliği ve kök çevresindeki nem dağılımı üzerindeki etkileri hâlen tam olarak açıklanabilmiş değildir. Gelişmiş görüntüleme sistemleri, yapay zekâ destekli rizosfer modellemeleri ve üç boyutlu toprak mimarisi analizleri bu süreçlerin anlaşılmasında yeni bir araştırma dönemi başlatabilir. Tahıl türlerine özgü hassasiyet analizleri de kritik araştırma alanları arasında yer almalıdır. Özellikle güçlü kök mimarisine sahip türlerin, derin köklenen genotiplerin veya yüksek mikrobiyal etkileşim kapasitesi taşıyan çeşitlerin mikroplastik baskısına karşı daha dirençli olup olmadığı hâlen net değildir. Gelecekteki ıslah programlarının yalnız verim odaklı değil, "toprak stres organizasyonuna dayanıklılık" yaklaşımıyla yeniden şekillenmesi gerekebilir.

Sonuç olarak mikroplastik baskısı, tahıl agroekosistemlerinde görünenden çok daha derin bir dönüşüm oluşturmaktadır. Bu dönüşüm yalnız çevresel kirlilik problemi değildir; toprağın işleyiş mantığını, suyun hareket biçimini ve bitki–rizosfer ilişkilerini yeniden şekillendiren sistemik bir süreçtir. Gelecekte sürdürülebilir tahıl üretiminin korunabilmesi, bu sessiz dönüşümün erken anlaşılmasına ve agroekosistem dayanıklılığını merkeze alan yeni yönetim modellerinin geliştirilmesine bağlı görünmektedir.

KAYNAKÇA

Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Kelly, F. J., Dominguez, A. O., & Jaafarzadeh, N. (2011). [Metindeki "Abbasi ve diğerleri, 2011" atfı mikroplastik birikimi ve kök bölgesi erişim problemi bağlamında geçiyor. Tam başlık/DOI doğrulaması gerekir.]

Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., & Wessolek, G. (2013). Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma, 202–203*, 183–191. doi:10.1016/j.geoderma.2013.03.003

Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience, 12*(5), 339–344. doi:10.1038/s41561-019-0335-5

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin, 62*(8), 1596–1605. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany, 59*(2), 206–216. doi:10.1016/j.envexpbot.2005.12.006

Atkinson, N. J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. *Journal of Experimental Botany, 63*(10), 3523–3543. doi:10.1093/jxb/ers100

Bandopadhyay, S., Martin-Closas, L., Pelacho, A. M., & DeBruyn, J. M. (2018). Biodegradable plastic mulch films: Impacts on soil microbial communities and ecosystem functions. *Frontiers in Microbiology, 9*, 819. doi:10.3389/fmicb.2018.00819

Banerjee, S., Walder, F., Büchi, L., Meyer, M., Held, A. Y., Gattinger, A., ... van der Heijden, M. G. A. (2019). Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. *The ISME Journal, 13*, 1722–1736. doi:10.1038/s41396-019-0383-2

Bardgett, R. D., & van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature, 515*(7528), 505–511. doi:10.1038/nature13855

Barnabás, B., Jäger, K., & Fehér, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment, 31*(1), 11–38. doi:10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x

Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., ... Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: Implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science, 10*, 1068. doi:10.3389/fpls.2019.01068

Bengough, A. G., McKenzie, B. M., Hallett, P. D., & Valentine, T. A. (2011). Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany, 62*(1), 59–68. doi:10.1093/jxb/erq350

Bengough, A. G., McKenzie, B. M., Hallett, P. D., & Valentine, T. A. (2016). [Metindeki "Bengough ve diğerleri, 2016" atfı kök erişimi, suya ulaşma ve mekanik direnç bağlamında geçiyor; bu künye yıl açısından risklidir. Aynı bağlama en yakın klasik çalışma Bengough et al. 2011'dir. Eğer metinde 2016 korunacaksa başlık/DOI ile kesin eşleşme yapılmalı.]

Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science, 17*(8), 478–486. doi:10.1016/j.tplants.2012.04.001

Bhattacharya, S., Dey, A., & Sharma, P. (2022). Coupled effects of microplastics and heavy metals on plants: Uptake, bioaccumulation, and environmental health perspectives. *Science of the Total Environment, 836*, 155619. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155619

Blanco-Canqui, H. (2017). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal, 81*(4), 687–711. doi:10.2136/sssaj2017.01.0017

Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment, 612*, 422–435. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.08.086

Blum, A. (2011). *Plant breeding for water-limited environments*. New York, NY: Springer.

Boots, B., Russell, C. W., & Green, D. S. (2019). Effects of microplastics in soil ecosystems: Above and below ground. *Environmental Science & Technology, 53*(19), 11496–11506. doi:10.1021/acs.est.9b03304

Bosker, T., Bouwman, L. J., Brun, N. R., Behrens, P., & Vijver, M. G. (2019). Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant *Lepidium sativum*. *Chemosphere, 226*, 774–781. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.03.163

Brahney, J., Hallerud, M., Heim, E., Hahnenberger, M., & Sukumaran, S. (2020). Plastic rain in protected areas of the United States. *Science, 368*(6496), 1257–1260. doi:10.1126/science.aaz5819

Büks, F., & Kaupenjohann, M. (2020). Global concentrations of microplastics in soils: A review. *SOIL, 6*(2), 649–662. doi:10.5194/soil-6-649-2020

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.-W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A. M., Francia, E., ... Stanca, A. M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research, 105*(1–2), 1–14. doi:10.1016/j.fcr.2007.07.004

Chae, Y., & An, Y.-J. (2018). Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review. *Environmental Pollution, 240*, 387–395. doi:10.1016/j.envpol.2018.05.008

Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., ... Suh, S. (2020). Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 8*(9), 3494–3511. doi:10.1021/acssuschemeng.9b06635

Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany, 103*(4), 551–560. doi:10.1093/aob/mcn125

Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought: From genes to the whole plant. *Functional Plant Biology, 30*(3), 239–264. doi:10.1071/FP02076

Chen, Q.-L., Ding, J., Li, C.-Y., Yan, Z.-Z., He, J.-Z., & Hu, H.-W. (2020). Microbial functional attributes, rather than taxonomic attributes, drive top soil respiration, nitrification and denitrification processes. *Science of the Total Environment, 734*, 139479. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139479

Chen, Y., Leng, Y., Liu, X., & Wang, J. (2020a). Microplastic pollution in vegetable farmlands of suburb Wuhan, central China. *Environmental Pollution, 257*, 113449. doi:10.1016/j.envpol.2019.113449

Chen, Y., Liu, X., Leng, Y., & Wang, J. (2020b). Defense responses in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to low-density polyethylene microplastics in soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 187*, 109788. doi:10.1016/j.ecoenv.2019.109788

Comas, L. H., Becker, S. R., Cruz, V. M. V., Byrne, P. F., & Dierig, D. A. (2013). Root traits contributing to plant productivity under drought. *Frontiers in Plant Science, 4*, 442. doi:10.3389/fpls.2013.00442

Corradini, F., Meza, P., Eguiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E., & Geissen, V. (2019). Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of the Total Environment, 671*, 411–420. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.368

Cowger, W., Gray, A. B., Christiansen, S. H., DeFrond, H., Deshpande, A. D., Hemabessiere, L., ... Rochman, C. M. (2020). Critical review of processing and classification techniques for images and spectra in microplastic research. *Applied Spectroscopy, 74*(9), 989–1010. doi:10.1177/0003702820929064

Crossman, J., Hurley, R. R., Futter, M., & Nizzetto, L. (2020). Transfer and transport of microplastics from biosolids to agricultural soils and the wider environment. *Science of the Total Environment, 724*, 138334. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138334

de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J. B., Faltin, E., ... Rillig, M. C. (2022). Legacy effects of microplastics on plant–soil feedbacks. *Frontiers in Plant Science, 13*, 965576. doi:10.3389/fpls.2022.965576

de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J. B., Faltin, E., ... Rillig, M. C. (2019). Microplastics can change soil properties and affect plant performance. *Environmental Science & Technology, 53*(10), 6044–6052. doi:10.1021/acs.est.9b01339

de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental Science & Technology, 52*(17), 9656–9665. doi:10.1021/acs.est.8b02212

de Vries, F. T., Griffiths, R. I., Bailey, M., Craig, H., Girlanda, M., Gweon, H. S., ... Bardgett, R. D. (2018). Soil bacterial networks are less stable under drought than fungal networks. *Nature Communications, 9*, 3033. doi:10.1038/s41467-018-05516-7

Dong, Y., Gao, M., Qiu, W., & Song, Z. (2021). Uptake of microplastics by carrots in presence of As(III): Combined toxic effects. *Journal of Hazardous Materials, 411*, 125055. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.125055

Dong, Y., Gao, M., Song, Z., & Qiu, W. (2022). Impacts of microplastics on soil hydraulic properties and water transport. Journal of Hazardous Materials, 424, 127313.

Drinkwater, L. E., Wagoner, P., & Sarrantonio, M. (1998). Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature, 396*(6708), 262–265. doi:10.1038/24376

Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande-Bret, C., & Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin, 104*(1–2), 290–293. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.01.006

FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:10.4060/cb1447en

FAO. (2021). *Assessment of agricultural plastics and their sustainability: A call for action*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:10.4060/cb7856en

Farooq, M., Hussain, M., & Siddique, K. H. M. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences, 33*(4), 331–349. doi:10.1080/07352689.2014.875291

Fei, Y., Huang, S., Zhang, H., Tong, Y., Wen, D., Xia, X., ... Barceló, D. (2020). Response of soil enzyme activities and bacterial communities to the accumulation of microplastics in an acid cropped soil. *Science of the Total Environment, 707*, 135634. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135634

Finney, D. M., & Kaye, J. P. (2017). Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology, 54*(2), 509–517. doi:10.1111/1365-2664.12765

Flexas, J., & Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany, 89*(2), 183–189. doi:10.1093/aob/mcf027

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature, 478*(7369), 337–342. doi:10.1038/nature10452

Foyer, C. H., & Noctor, G. (2005). Oxidant and antioxidant signalling in plants: A re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell & Environment, 28*(8), 1056–1071. doi:10.1111/j.1365-3040.2005.01327.x

Fred-Ahmadu, O. H., Bhagwat, G., Oluyoye, I., Benson, N. U., Ayejuyo, O. O., & Palanisami, T. (2020). Interaction of chemical contaminants with microplastics: Principles and perspectives. *Science of the Total Environment, 706*, 135978. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135978

Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., ... Ritsema, C. J. (2015). Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research, 3*(1), 57–65. doi:10.1016/j.iswcr.2015.03.002

Gewert, B., Plassmann, M. M., & MacLeod, M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental Science: Processes & Impacts, 17*(9), 1513–1521. doi:10.1039/C5EM00207A

Gkoutselis, G., Rohrbach, S., Harjes, J., Obst, M., Brachmann, A., Horn, M. A., & Rambold, G. (2021). Microplastics accumulate fungal pathogens in terrestrial ecosystems. *Scientific Reports, 11*, 13214. doi:10.1038/s41598-021-92405-7

Gui, J., Sun, Y., Wang, J., Chen, X., Zhang, S., & Wu, D. (2021). Microplastics in composting of rural domestic waste: Abundance, characteristics, and release from the surface of macroplastics. *Environmental Pollution, 274*, 116553. doi:10.1016/j.envpol.2021.116553

Guo, J.-J., Huang, X.-P., Xiang, L., Wang, Y.-Z., Li, Y.-W., Li, H., ... Wong, M.-H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment International*, *137*, 105263. doi:10.1016/j.envint.2019.105263

Guo, J.-J., Huang, X.-P., Xiang, L., Wang, Y.-Z., Li, Y.-W., Li, H., ... Wong, M.-H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment International*, *137*, 105263. doi:10.1016/j.envint.2019.105263

Guo, X., Chen, C., Wang, J., & Yang, J. (2021). Impacts of microplastics on soil hydrological processes and plant growth. *Journal of Hazardous Materials, 416*, 126069. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126069

Guo, Z., Li, P., Yang, X., Wang, Z., Lu, B., Chen, W., ... Xue, S. (2022). Soil texture is an important factor determining how microplastics affect soil hydraulic characteristics. *Environment International, 165*, 107293. doi:10.1016/j.envint.2022.107293

Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E. Y. (2020). A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans, 125*(1), e2018JC014719. doi:10.1029/2018JC014719

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Anee, T. I., Khan, M. I. R., Fujita, M., & Ahmad, P. (2018). Regulation of ascorbate-glutathione pathway in mitigating oxidative damage in plants under abiotic stress. *Antioxidants, 7*(9), 1–22.

Hayes, D. G., Anunciado, M. B., DeBruyn, J. M., Bandopadhyay, S., Schaeffer, S., English, M., Sintim, H. Y. (2019). [Metindeki "Hayes ve diğerleri, 2019" atfı biyobozunur malç materyalleri bağlamında geçiyor. Tam başlık/dergi/DOI doğrulaması gerekir.]

Helcoski, R., Yonkos, L. T., Sanchez, A., & Baldwin, A. H. (2020). [Metindeki "Helcoski ve diğerleri, 2020" atfı sulama ekipmanları, yüzey akışı ve mikroplastik taşınımı bağlamında kullanılmıştır. Tam başlık/DOI doğrulaması gerekir.]

Hernandez, M., Dumont, M., & de la Luz Mora, M. (2017). [Metindeki "Hernandez ve diğerleri, 2017" atfı tam künye açısından risklidir. Kontrollü salınımlı gübre bağlamında en yakın doğrulanabilir kayıt Calabi-Floody et al. (2018) olarak görünmektedir; metindeki atıf düzeltilmeden kesin APA künyesi verilemez.]

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology, 46*(6), 3060–3075. doi:10.1021/es2031505

Hillel, D. (1998). *Environmental soil physics*. San Diego, CA: Academic Press.

Hobbs, P. R., Sayre, K., & Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363*(1491), 543–555. doi:10.1098/rstb.2007.2169

Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment, 586*, 127–141. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.190

Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., & Wang, J. (2020). Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution, 260*, 114096. doi:10.1016/j.envpol.2020.114096

Huang, Y., Zhao, Y., Wang, J., Zhang, M., Jia, W., & Qin, X. (2019). LDPE microplastic films alter microbial community composition and enzymatic activities in soil. *Environmental Pollution, 254*, 112983. doi:10.1016/j.envpol.2019.112983

Hüffer, T., Weniger, A.-K., & Hofmann, T. (2019). Sorption of organic compounds by aged polystyrene microplastic particles. *Environmental Pollution, 236*, 218–225. doi:10.1016/j.envpol.2018.11.060 Not: Metindeki bağlam pestisit/organik kirletici taşınımıdır. Bu kayıt bağlama uygundur; yine de dosyanızda kullanılan özgün başlıkla son kontrol önerilir.

IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jacob, H., Besson, M., Swarzenski, P. W., Lecchini, D., & Metian, M. (2020). Effects of virgin micro- and nanoplastics on fish: Trends, meta-analysis, and perspectives. *Environmental Science & Technology, 54*(8), 4733–4745. doi:10.1021/acs.est.9b05995

Jacquin, J., Cheng, J., Odobel, C., Pandin, C., Conan, P., Pujo-Pay, M., ... Ghiglione, J.-F. (2019). Microbial ecotoxicology of marine plastic debris: A review on colonization and biodegradation by the "plastisphere." *Frontiers in Microbiology, 10*, 865. doi:10.3389/fmicb.2019.00865

Jiang, X., Chen, H., Liao, Y., Ye, Z., Li, M., & Klobučar, G. (2019). Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant *Vicia faba*. *Environmental Pollution, 250*, 831–838. doi:10.1016/j.envpol.2019.04.055

Kasirajan, S., & Ngouajio, M. (2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agronomy for Sustainable Development, 32*(2), 501–529. doi:10.1007/s13593-011-0068-3

Kole, P. J., Löhr, A. J., Van Belleghem, F. G. A. J., & Ragas, A. M. J. (2017). Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 14*(10), 1265. doi:10.3390/ijerph14101265

Kyrikou, I., & Briassoulis, D. (2007). Biodegradation of agricultural plastic films: A critical review. *Journal of Polymers and the Environment, 15*(2), 125–150. doi:10.1007/s10924-007-0053-8

Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation, 75*(2), 27A–32A. doi:10.2489/jswc.75.2.27A

Lambert, S., & Wagner, M. (2016). Formation of microscopic particles during the degradation of different polymers. *Chemosphere, 161*, 510–517. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.07.042

Lehmann, A., Leifheit, E. F., Feng, L., Bergmann, J., Wulf, A., & Rillig, M. C. (2020). Microplastic fiber and drought effects on plants and soil are only slightly modified by arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Ecology Letters, 2*, 174–186. doi:10.1007/s42832-020-0060-4

Lehmann, A., Leifheit, E. F., Feng, L., Bergmann, J., Wulf, A., & Rillig, M. C. (2020). Microplastic fiber and drought effects on plants and soil are only slightly modified by arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Ecology Letters, 2*, 174–186. doi:10.1007/s42832-020-0060-4

Lehmann, A., Leifheit, E. F., Gerdawischke, M., & Rillig, M. C. (2021). Microplastics have shape- and polymer-dependent effects on soil aggregation and organic matter loss: An experimental and meta-analytical approach. *Microplastics and Nanoplastics, 1*, 7. doi:10.1186/s43591-021-00007-x

Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature, 528*(7580), 60–68. doi:10.1038/nature16069

Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature, 529*(7584), 84–87. doi:10.1038/nature16467

Li, H., Chang, X., Zhang, J., Wang, Y., Zhong, R., Wang, L., Wei, J., & Wang, Y. (2023). Uptake and distribution of microplastics of different particle sizes in maize (*Zea mays*) seedling roots. *Chemosphere, 313*, 137491. doi:10.1016/j.chemosphere.2022.137491

Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W. J. G. M., Yin, N., ... Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature Sustainability, 3*, 929–937.doi:10.1038/s41893-020-0567-9

Lian, J., Liu, W., Meng, L., Wu, J., Zeb, A., Cheng, L., ... Sun, Y. (2021). Effects of microplastics derived from polymer-coated fertilizer on maize growth, rhizosphere, and soil properties. *Journal of Cleaner Production, 318*, 128571. doi:10.1016/j.jclepro.2021.128571

Liang, Y., Lehmann, A., Yang, G., Leifheit, E. F., & Rillig, M. C. (2019). [Metindeki "Liang ve diğerleri, 2019" atfı agregat stabilitesi bağlamında kullanılmıştır. Tam başlık/DOI doğrulaması gerekir.]

Liu, E. K., He, W. Q., & Yan, C. R. (2014). "White revolution" to "white pollution": Agricultural plastic film mulch in China. *Environmental Research Letters, 9*(9), 091001. doi:10.1088/1748-9326/9/9/091001

Liu, H., Wang, Z., Nghiem, L. D., Gao, L., Zamyadi, A., Zhang, Z., ... Wang, Q. (2021). Solid-embedded microplastics from sewage sludge to agricultural soils: Detection, occurrence, and impacts. *ACS ES&T Water, 1*(6), 1322–1333. doi:10.1021/acsestwater.0c00218

Liu, K., Wang, X., Fang, T., Xu, P., Zhu, L., & Li, D. (2019). Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Science of the Total Environment, 675*, 462–471. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.110

Liu, Y., Xiao, M., Shahbaz, M., Hu, Z., Zhu, Z., Lu, S., ... Ge, T. (2022). Microplastics in soil can increase nutrient uptake by wheat. *Journal of Hazardous Materials, 438*, 129547. doi:10.1016/j.jhazmat.2022.129547

Liu, Z., Cai, L., Dong, Q., Zhao, X., & Han, J. (2022). Effects of microplastics on water infiltration in agricultural soil on the Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management, 271*, 107818. doi:10.1016/j.agwat.2022.107818

Lozano, Y. M., & Rillig, M. C. (2020). Effects of microplastic fibers and drought on plant communities. *Environmental Science & Technology, 54*(10), 6166–6173. doi:10.1021/acs.est.0c01051

Lozano, Y. M., Aguilar-Trigueros, C. A., Onandia, G., Maaß, S., Zhao, T., & Rillig, M. C. (2021). Effects of microplastics and drought on soil ecosystem functions and multifunctionality. *Journal of Applied Ecology, 58*(5), 988–996. doi:10.1111/1365-2664.13839

Lozano, Y. M., Lehnert, T., Linck, L. T., Lehmann, A., & Rillig, M. C. (2021). Microplastic shape, concentration and polymer type affect soil properties and plant biomass. *Frontiers in Plant Science, 12*, 616645. doi:10.3389/fpls.2021.616645

Mahon, A. M., O'Connell, B., Healy, M. G., O'Connor, I., Officer, R., Nash, R., & Morrison, L. (2017). Microplastics in sewage sludge: Effects of treatment. *Environmental Science & Technology, 51*(2), 810–818. doi:10.1021/acs.est.6b04048

Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science, 11*(1), 15–19. doi:10.1016/j.tplants.2005.11.002

Ng, E. L., Huerta Lwanga, E., Eldridge, S. M., Johnston, P., Hu, H.-W., Geissen, V., & Chen, D. (2018). An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. *Science of the Total Environment, 627*, 1377–1388. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.01.341

Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environmental Science & Technology, 50*(20), 10777–10779. doi:10.1021/acs.est.6b04140

O'Connor, D., Pan, S., Shen, Z., Song, Y., Jin, Y., Wu, W.-M., & Hou, D. (2019). Microplastics undergo accelerated vertical migration in sand soil due to small size and wet-dry cycles. *Environmental Pollution, 249*, 527–534. doi:10.1016/j.envpol.2019.03.092

Ossowicki, A., Qi, Y., Yang, X., Huerta Lwanga, E., Dini-Andreote, F., Geissen, V., & Garbeva, P. (2022). [Metindeki "Ossowicki ve diğerleri, 2022" atfı mikrogözenek/hava–su dengesi bağlamında kullanılmıştır. Tam künye için başlık/DOI doğrulaması gerekir.]

Palansooriya, K. N., Shaheen, S. M., Chen, S. S., Tsang, D. C. W., Hashimoto, Y., Hou, D., ... Ok, Y. S. (2020). [Metindeki "Palansooriya ve diğerleri, 2020" atfı biyokömürün kirletici hareketliliği, adsorpsiyon ve toprak iyileştirme işlevleri bağlamında geçiyor. Tam başlık/DOI doğrulaması gerekir.]

Passioura, J. (2007). The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany, 58*(2), 113–117. doi:10.1093/jxb/erl212

Pérez-Reverón, R., González-Sálamo, J., Hernández-Sánchez, C., González-Pleiter, M., Hernández-Borges, J., & Díaz-Peña, F. J. (2022). Recycled wastewater as a potential source of microplastics in irrigated soils from an arid-insular territory: Fuerteventura, Spain. *Science of the Total Environment, 817*, 152830. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.152830

Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., & van der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology, 11*(11), 789–799. doi:10.1038/nrmicro3109

Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., & van der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology, 11*(11), 789–799. doi:10.1038/nrmicro3109

Pignattelli, S., Broccoli, A., & Renzi, M. (2020). Physiological responses of garden cress (*Lepidium sativum*) to different types of microplastics. *Science of the Total Environment, 727*, 138609. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138609

Pittelkow, C. M., Liang, X., Linquist, B. A., van Groenigen, K. J., Lee, J., Lundy, M. E., ... van Kessel, C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature, 517*(7534), 365–368. doi:10.1038/nature13809

PlasticsEurope. (2022). *Plastics – The facts 2022: An analysis of European plastics production, demand, conversion and end-of-life management*. Brussels: PlasticsEurope.

Qi, Y., Beriot, N., Gort, G., Huerta Lwanga, E., Gooren, H., Yang, X., & Geissen, V. (2018). Macro- and micro-plastics in soil–plant system: Effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Science of the Total Environment, 645*, 1048–1056. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.07.229

Qi, Y., Ossowicki, A., Yang, X., Huerta Lwanga, E., Dini-Andreote, F., Geissen, V., & Garbeva, P. (2020). Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. *Journal of Hazardous Materials, 387*, 121711. doi:10.1016/j.jhazmat.2019.121711

Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S., & Vogel, H.-J. (2018). Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma, 314*, 122–137. doi:10.1016/j.geoderma.2017.11.009

Rezaei, M., Riksen, M. J. P. M., Sirjani, E., Sameni, A., & Geissen, V. (2019). Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. *Science of the Total Environment, 669*, 273–281. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.382

Rillig, M. C., & Lehmann, A. (2020). Microplastic in terrestrial ecosystems. *Science, 368*(6498), 1430–1431. doi:10.1126/science.abb5979

Rillig, M. C., Lehmann, A., de Souza Machado, A. A., & Yang, G. (2019). Microplastic effects on plants. *New Phytologist, 223*(3), 1066–1070. doi:10.1111/nph.15794

Rillig, M. C., Leifheit, E. F., & Lehmann, J. (2021). Microplastic effects on carbon cycling processes in soils. *PLoS Biology, 19*(3), e3001130. doi:10.1371/journal.pbio.3001130

Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., ... de Fraiture, C. M. S. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio, 46*(1), 4–17. doi:10.1007/s13280-016-0793-6

Rong, L., Zhao, L., Zhao, L., Cheng, Z., Yao, Y., Yuan, C., Wang, L., & Sun, H. (2021). LDPE microplastics affect soil microbial communities and nitrogen cycling. *Science of the Total Environment, 773*, 145640. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145640

Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., ... Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants, 10*(2), 259. doi:10.3390/plants10020259

Sintim, H. Y., & Flury, M. (2017). Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem? *Environmental Science & Technology, 51*(3), 1068–1069. doi:10.1021/acs.est.6b06042

Sintim, H. Y., Bandopadhyay, S., English, M. E., Bary, A. I., DeBruyn, J. M., Schaeffer, S. M., Flury, M. (2019). Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 273*, 36–49. doi:10.1016/j.agee.2018.12.002

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Denef, K. (2004). A history of research on the link between microaggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research, 79*(1), 7–31. doi:10.1016/j.still.2004.03.008

Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). London, England: Academic Press.

Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., ... Schaumann, G. E. (2016). Plastic mulching in agriculture: Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of the Total Environment, 550*, 690–705. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.153

Sun, H. (2021). See Rong, L., Zhao, L., Zhao, L., Cheng, Z., Yao, Y., Yuan, C., Wang, L., & Sun, H. (2021).

Sun, X. D., Yuan, X. Z., Jia, Y., Feng, L. J., Zhu, F. P., Dong, S. S., ... Xing, B. (2020). Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in Arabidopsis thaliana. *Nature Nanotechnology, 15*(9), 755–760. doi:10.1038/s41565-020-0707-4

Tardieu, F., Simonneau, T., & Muller, B. (2018). The physiological basis of drought tolerance in crop plants: A scenario-dependent probabilistic approach. *Annual Review of Plant Biology, 69*, 733–759. doi:10.1146/annurev-arplant-042817-040218

Tourinho, P. S., Kočí, V., Loureiro, S., & van Gestel, C. A. M. (2019). Partitioning of chemical contaminants to microplastics: Sorption mechanisms, environmental distribution and effects. *Environmental Pollution, 252*, 1246–1256. doi:10.1016/j.envpol.2019.06.030

Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z., & Semenov, M. A. (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change, 4*(7), 637–643. doi:10.1038/nclimate2242

Vereecken, H., Huisman, J. A., Bogena, H., Vanderborght, J., Vrugt, J. A., & Hopmans, J. W. (2007). [Metindeki "Vereecken ve diğerleri, 2007" atfı toprak su hareketi, gözenek sürekliliği ve hidrofiziksel süreçler bağlamında geçiyor. Bu kaydın yayın yılı bazı veri tabanlarında 2008 olarak görünebilir; tam yıl ve DOI kontrol edilmelidir.]

Vogel, H.-J., Balseiro-Romero, M., Kravchenko, A., Otten, W., Pot, V., Schlüter, S., Weller, U., & Baveye, P. C. (2022). A holistic perspective on soil architecture is needed as a key to soil functions. *European Journal of Soil Science, 73*(1), e13152. doi:10.1111/ejss.13152

Wan, Y., Wu, C., Xue, Q., & Hui, X. (2019). Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. *Science of the Total Environment, 654*, 576–582. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.123

Wan, Y., Wu, C., Xue, Q., & Hui, X. (2021). [Metindeki "Wan ve diğerleri, 2021" atfı tarla kapasitesi/solma noktası ve su tutulma enerjisi bağlamında kullanılmıştır. Aynı yazar grubunun 2019 çalışması kesinleşmiş olsa da 2021 kaydı ayrıca doğrulanmalıdır.]

Wang, F., Feng, X., Liu, Y., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2021). Micro(nano)plastics and terrestrial plants: Up-to-date knowledge on uptake, translocation, and phytotoxicity. *Resources, Conservation and Recycling, 185*, 106503. doi:10.1016/j.resconrec.2022.106503

Wang, F., Wang, Q., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Effects of microplastics on soil properties: Current knowledge and future perspectives. *Journal of Hazardous Materials, 424*, 127531. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.127531

Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., & Zhang, P. (2019). Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. *Science of the Total Environment, 691*, 848–857. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.07.209

Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., & Zhang, P. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the Total Environment, 708*, 134841. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134841

Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., & Zhang, P. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the Total Environment, 708*, 134841. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134841

Wang, W., Ge, J., Yu, X., & Li, H. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the Total Environment, 708*, 134841. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134841

Wang, W., Ge, J., Yu, X., & Li, H. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the Total Environment, 708*, 134841. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134841

Weithmann, N., Möller, J. N., Löder, M. G. J., Piehl, S., Laforsch, C., & Freitag, R. (2018). Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Science Advances, 4*(4), eaap8060. doi:10.1126/sciadv.aap8060

Yang, J., Li, R., Zhou, Q., Li, L., Li, Y., Tu, C., ... Luo, Y. (2021). Microplastics in an agricultural soil following repeated application of three types of sewage sludge: A field study. *Environmental Pollution, 289*, 117943. doi:10.1016/j.envpol.2021.117943

Yang, X., Bento, C. P. M., Chen, H., Zhang, H., Xue, S., Lwanga, E. H., ... Geissen, V. (2020). [Metindeki "Yang ve diğerleri, 2020" atfı karbon mineralizasyonu ve mikrobiyal kompozisyon bağlamında geçiyor. Künye başlık/DOI ile kontrol edilmelidir.]

Yang, X., Bento, C. P. M., Chen, H., Zhang, H., Xue, S., Lwanga, E. H., ... Geissen, V. (2020). [Metindeki "Yang ve diğerleri, 2020" atfı fotosentez, biyokütle ve tane gelişimi bağlamında geçiyor. Başlık/DOI ile kesinleştirilmelidir.]

Young, I. M., & Crawford, J. W. (2004). Interactions and self-organization in the soil-microbe complex. *Science, 304*(5677), 1634–1637. doi:10.1126/science.1097394

Yu, H., Zhang, Z., Zhang, Y., Song, Q., Fan, P., Xi, B., & Tan, W. (2020). Effects of microplastics on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in the context of straw incorporation: A comparison with different types of soil. *Environmental Pollution, 288*, 117733. doi:10.1016/j.envpol.2021.117733

Yu, L., Zhang, J., Liu, Y., Chen, L., Tao, S., & Liu, W. (2021). Distribution characteristics of microplastics in agricultural soils from the largest vegetable production base in China. *Science of the Total Environment, 756*, 143860. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143860

Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the "plastisphere": Microbial communities on plastic marine debris. *Environmental Science & Technology, 47*(13), 7137–7146. doi:10.1021/es401288x

Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: A review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 95*(8), 2052–2068. doi:10.1002/jctb.6334

Zhang, G. S., & Liu, Y. F. (2018). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Science of the Total Environment, 642,* 12–20. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.004

Zhang, G. S., & Liu, Y. F. (2021). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Science of the Total Environment, 642,* 12–20. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.004

Zhang, J., Ren, S., Xu, W., Liang, C., Li, J., Zhang, H., ... Wang, K. (2022). Effects of plastic residues and microplastics on soil ecosystems: A global meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials, 435,* 129065. doi:10.1016/j.jhazmat.2022.129065

Zhou, B., Wang, J., Zhang, H., Shi, H., Fei, Y., Huang, S., Tong, Y., Wen, D., Luo, Y., & Barceló, D. (2021). Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. *Journal of Hazardous Materials, 388,* 121814. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121814

Zhou, B., Wang, J., Zhang, H., Shi, H., Fei, Y., Huang, S., Tong, Y., Wen, D., Luo, Y., & Barceló, D. (2020). Microplastics in agricultural soils. Journal of Hazardous Materials, 388, 121814.

BAKLAVA ÜRETİMİNDE OLUŞAN YUFKA ARTIKLARI İLE DİĞER BAKLAVA ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Salih ARDIÇ[1]

Yükseklisans Öğrencisi: Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Organik Üretim Anablim Dalı, Kayseri, TÜRKİYE, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-5660-5089

Murat KAYA[2]

Dr. Öğretim Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Organik Üretim Anabilim Dalı Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Kayseri, TÜRKİYE, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3181-2517

ÖZET

Baklava tüm dünyada sevilerek tüketilen popüler bir şerbetli tatlı çeşididir. Türkiye de baklava coğrafi işaretli bir ürün olup üretildiği yer, içeriği veya şekline göre göre Geleneksel baklava, kuru baklava, havuç dilimi, şöbiyet, bülbül yuvası, fıstık dolması, dürüm, sarığı burma, fıstık dolması, hünkar gibi çeşitli isimlerle anılmaktadır. Baklavanın ana bileşenlerinden olan yufka; baklavalık un, su, tuz ve yumurtanın yoğurulup elde veya hamur açma makinesinde buğday ve mısır nişastası eklenmesi suretiyle açılması yöntemiyle üretilmektedir. Baklavada ortalama yüzde 27,5 oranında çiğ yufka kullanılmaktadır. Ülkemizde yıllık yaklaşık olarak 135 bin ton baklava üretilmektedir. Baklava yufkası artığının toplam yufka üretimi içindeki payı % 7'dir. Bu orana göre yıllık yaklaşık 2550 ton yufka artığı ortaya çıkmaktadır. Üretim sırasında yufka tepsiye yerleştirilirken tepsi kenarında kalan fazlalıklar, iç harcı hazırlanırken kalan kullanılmayan fıstık başta olmak üzere yan ürünler, üretim ve satış sonrası kalan atık şerbet ve satılmayan baklavanın değerlendirilmesi sürdürülebilirlik ve ekonomiklik açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, baklava ve unlu mamuller üretiminde ortaya çıkan yufka artıklarının, organik ve bitkisel kaynaklı bileşenlerle zenginleştirilerek yeniden kullanılması ve iç harcı malzemesi olarak kullanılabilirliğine yönelik çalışmalar irdelenecektir. Hali hazırda üretimden geriye kalan yufka atıkları, ürüne tekrar katılmakta, hayvan yemi olarak kullanılmakta ve ay çöreği gibi başka ürünlere dönüştürülerek değerlendirilmeye çalışılsa da genellikle değerlendirilememekte ve çöpe atılmaktadır. İlerleyen çalışmalarda atık yufkanın tekrar yufka hamuruna ilave edilerek kullanılması, organik ve fonksiyonel bileşenler eklenerek yeni ürün eldesi planlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Baklava, Yufka, Yan ürünler, Sürdürülebilirlik

THE REUSE OF BAKLAVA PRODUCTION PHYLLO DOUGH SCRAPS AND OTHER WASTE IGREDIENTS

ABSTRACT

Baklava is a well known popular siruped dessert that consumed all over the world. Baklava is a locally patented product in Turkey and is known by names such as traditional baklava, dry baklava, carrot slice, şöbiyet, nightingale's nest, pistachio-stuffed baklava, dürüm, sarığı burma, pistachio-stuffed baklava and hünkar, depending on where it is produced, its ingredients or its shape. Yufka (Phyllo dough) one of the major ingredients of baklava, is produced by kneading wheat flour, water, salt and eggs, and then rolling out the dough by hand or using a dough-rolling machine, with the addition of wheat and maize starch. Baklava is used to make 27.5% of the phyllo dough. Approximately 135,000 tonnes per year of baklava are produced in Türkiye. Baklava phyllo dough waste account for 7% (2550 tonnes per year) of total production. The excess dough left at the edges of the tray when the phyllo pastry is placed on it, by-products such as the unused pistachios left over from preparing the filling, and the waste syrup and baklava remaining after production and sale are all important to utilise from the standpoint of

sustainability and cost-effectiveness. This study will review efforts to reuse phyllo dough scraps generated during the production of baklava and other baked goods by enriching them with organic and plant-based ingredients, and to determine their suitability for use as filling ingredients. Currently, though attempts are made to utilise the phyllo dough waste left over from production—by reintroducing it into the product, using it as animal feed, or converting it into other products such as moon cakes—it generally cannot be utilised and is thrown away. In future studies, it may be necessary to add the waste phyllo dough back into the phyllo dough mixture and plan to produce new products by incorporating organic and functional ingredients.

Keywords: Baklava, Phyllo dough, By product, Sustainability

GİRİŞ

TSE'nin TS 13645 standardına göre Türk baklavasının tanımı özetle; "Makarnalık s*ert buğday unu (özel amaçlı sınıftaki unda olabilir), su, yumurta, tuzla yoğurulan sert hamurun buğday nişastasıyla incecik açılması, akabinde yufka katmanları arasına kaymak, tereyağı veya sadeyağ ile fıstık-ceviz-fındık içi-badem içi gibi çeşni maddelerinin eklenmesi, dilimlenmesi, ideal sıcaklık ve süre kombinasyonuyla fırınlanması, pancar şekerinin az limon tuzu ile suda eritilerek kaynatılması, elde edilen şerbetin fırınlanan ürüne dökülmesiyle elde edilen ürün"*şeklinde tanımlanmaktadır. Özetle baklava, en az 3,5 cm yükseklikte (Bazı çeşitlerine 2,5 cm), arasında çeşitli kabuklu kuruyemişlerden iç konulan yufka katmanlara sahip yufkanın kendine özgü renk (altın sarısı) oluşana kadar uygun sıcaklık derecesi ve süresinde fırınlandığı, yanık koyu renkte olmayan, boğazı yakmayacak nitelikte şerbeti dengeli şuruplu bir tatlı çeşididir. Bahse konu standartta baklava üretiminde yaş baklavada %30-42, kuru baklavada %25-30 oranında şeker şurubu bulunmakta, fıstık/ceviz gibi çeşni maddeleriyle üretilen iç harcı içermekte, sade yağ ve ince yufka kullanılmaktadır. Geleneksel baklava, havuç dilimi, şöbiyet, bülbül yuvası, fıstık dolması, dürüm, sarığı burma, fıstık dolması, hünkar gibi farklı baklava çeşitlerine ait reçeteler içermektedir (Akkaya ve Koc, 2017). Baklava standardına göre üretimde pancar şekeri (sakaroz) kullanımı zorunludur. İç harcı olarak baklavada bulunan antep fıstığının kendine ait zümrüt/çimen yeşili renkte, yine diğer çeşni olarak adlandırılan iç malzemelerinin de kendine has renge sahip olmaları ve pişirme sonrasında tat-kokularını korumaları beklenmektedir (Anonim, 2015). Baklava coğrafi işaretli bir üründür (Anonim, 2005b). Türk Patent Enstitüsü sayfasında inceleme yapıldığında Afyonkarahisar Hurma Baklavası, Akşehir Peynir Baklavası, Amasya Cevizli Ballı Baklavası, Antep Baklavası, Arapgir Deli Kız Baklavası, Bartın Beyaz Baklavası, Devrek Beyaz Baklavası, Erzurum Pekmezli Baklavası, Kayseri Gül Baklavası, Tavas Baklavası, Sivrihisar Baklavası, Uşak Baklavası, Çerkeş Sırma baklavası, Çorum baklavası, İskilip Baklavası adı altında 15 adet mahreç işaretine sahip baklava çeşidi bulunmaktadır.

Baklava üretiminde baklava hamurunun yapısı özellikleri, bu kalite kriterleri içinde buğday çeşidi önemlidir (Akkaya ve Koc, 2017; Acar ve Koksel, 2023). Baklava üretiminde hamur yoğurulmasında farklı kaynaklarda farklı formülasyonlarla üretildiğinden bahsedilmektedir (Özer vd., 2012; Al-Ismail vd., 2020; Nur Güneş, 2022; Anonim, 2005a). Baklava üretiminde kullanılan baklava yufkası hamurunun reçetesi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Baklava yufkası ürün içerik tablosu

Sıra	Hammadde	Miktar (g)	% Oranı
1	Buğday unu	1000	71,43
2	Su	230	16,43
3	Yumurta	160	11,43
4	Tuz	10	0,71
Toplam		**1400**	**100**

Bu içerikle yoğurulan hamur, yufka açma makinesinde açılırken, baklavanın lezzetini ve çıtırlığını artırmak amacıyla % 50 - % 50 oranında buğday ve mısır nişastası karışımı eklenmiştir. Bu işlem sonucunda baklavada kullanılacak yufkanın içeriği Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Baklava yufkası ürün girdi tablosu

Sıra	Hammadde	Miktar (g)	% Oranı
1	Buğday unu	1000	68.49
2	Su	230	15.75
3	Yumurta	160	10.96
4	Buğday nişastası	30	2.05
5	Mısır nişastası	30	2.05
6	Tuz	10	0.70
Toplam		**1460**	**100.00**

Üretim Yöntemi

Yufka üretimi

Tablo 1 ve 2'de belirtilen bileşenlerden yumurta kırılır. Yumurtaya tuz ve su eklenir, karıştırılır ve tuzun erimesi sağlanır. Karışım üzerine buğday unu ilave edilir. Karışım homojen hale getirilir. Karışım hamur yoğurma makinesinde 90 devir/dak hızında, 15 dak süreyle yoğurulur. Makine ile açılan yufkalar için sert formda, elle açılan işletmelerde ise biraz daha yumuşak formda hamur elde edilir.

Şekil 1. Bileşenlerin karıştırılması ve hamurun yoğurulması

Yoğurulan hamurdan yufka açma makinesine sürekli hamur beslemesi yapılır. Baklava çeşidine göre hamurdan 100-250 µm kalınlığında, 100 cm genişliğinde yufkalar açılır. Yufka açılırken yufka açma

makinesi tarafından makinenin yürüyen bandının tabanına ve hamurun üst kısmına 50 g/dak olacak şekilde sürekli nişasta serpilir.

Şekil 2. Yufkanın açılması aşaması ve açılmış yufka

Baklava üretimi

Önceden 55-60 °C'de eritilmiş sadeyağ/bitkisel yağ karışımı tepsi tabanına sürülür. Tepsiye 1 sıra yufka yerleştirilir. Üzerine yağ karışımından fırça ile fırçayı sürmeden yayılması sağlanır. 2-3 yufka katmanı arasına aynı işlem uygulanır. 20-30 kat yufka serildikten sonra iç harcı konulur ve yağ serpilir. 20-30 kat üst yufka katmanı aynı şekilde yerleştirilir. Son aşamada *"Yüzlük"* tabir edilen 8-10 kat yufka dikkatlice yerleştirilir ve baklavaya bilinen görüntüsünü sağlamak amacıyla pürüzsüz bir yüzey elde edilir. Çeşidine uygun olarak kare, baklava dilimi, üçgen, muska vb. Şekillerde keskin bir bıçak ile dilimlenir. 1 kg baklava ortalama 20-24 baklava diliminden oluşmaktadır. 1 kg baklava için 120-150 g arasında yağ karışımı dilimlenmiş baklava üzerine dökülür.

Kuru baklava olarak tanımlanan ürün içerik bilgisi Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Baklava bileşimi

Sıra	Hammadde	Miktar (g)	% Oranı
1	Şeker	300	30,00
2	Baklava yufkası	275	27,50
3	Su	150	15,00
4	Sadeyağ	120	12,00
5	Antep fıstığı	100	10,00
6	Bitkisel baklavalık yağ	50	5,00
7	Limon suyu	5	0,50
Toplam		**1000**	**100,00**

Hazırlanan baklava tepsisi önceden 190-210°C'ye ısıtılmış baklava fırınında 35-45 dak pişirilir. Pişirmenin tamamlandığına baklavanın üst ve alt katmanının renginin altın sarısı renge ulaşmasına göre karar verilir.

Şekil 3. Baklavanın pişirilmesi ve şerbelenmesi

Şerbet üretimi

Baklava üretimine kullanılan şerbetin içeriğini gösterir tablo Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Şerbet içeriği

Sıra	Hammadde	Miktar (g)	% Oranı
1	Şeker	665	66,50
2	Su	330	33,00
3	Limon suyu	5	5,00
Toplam		**1000**	**100,00**

Karışım erimesi için ısıtılır. 5 dak kaynatılan karışıma limon suyu/limon tuzu eklenir. Üretilen şerbetin pH değeri yaklaşık 6,6-6,8, birx değeri de 66-74°brix aralığındadır. 102°C'lik kaynar durumdaki % 40 oranındaki şerbet fırından çıkmış sıcak baklava üzerine dökülür. 1 saat dinlendirilen baklava tüketim hazır hale gelir.

Şekil 4. Şerbetlenmiş tüketim hazır baklava

Literatür Çalışması

Baklavanın ana bileşenlerinden olan şurubun fazlasının değerlendirme olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada atık şurubun mikroorganizmalar üzerine etkileri ve içeriğinin ne olduğu belirlenmiştir. Atık şuruptan sitrik asit, renk maddeleri, lipit, etanol ve maya üretim olanakları değerlendirilmiştir. Çalışma

sonucunda şurup yağısındaki karbonhidratların bu ürünlerin üretiminde önemli bir kaynak olduğu, 100 ml/L verimliliğinde etanol, 75 g/L maya, 37 g/L sitrik asit, sarı, kırmızı ve turuncu pigmentlerin üretilebileceği değerlendirilmiştir (Omeroglu vd., 2022).

Baklava yufka atıkları ve antep fıstığının beyaz çikolatanın zenginleştirilmesindeki kullanım olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada % 10, % 15, % 20 oranlarında yan ürün beyaz çikolata formülasyonunda kullanılmış, çikolatanın kimyasal, teknolojik ve duyusal özellikleri belirlenmiştir. Yan ürün ilavesi çikolatanını viskozitesini ve nem oranını yükseltmiştir. Örneğe yan ürün ilave edilmesi çıtırlığın artışına sebep olmuştur. Yan ürünlerin beyaz çikolataya ilavesinin anlamlı düzeyde ürün flavırında değişikliğe neden olduğu sonucuna varılmıştır (Petrova vd., 2025).

Yapılan bir yüksek lisans çalışmasında, meşe palamudu ununun belirli oranlarda baklava hamuruna katılarak değerlendirme olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla % 15, 3, 45 oranlarında meşe palamudu unu baklava ununa ilave edilmiş, elde edilen undan üretilen baklavaların duyusal özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda % 15'lik örneğin görünüş, koku, lezzet, doku, genel beğeni parametreleri açısından kontrol örneği (Geleneksel yöntemle buğday unu kullanılarak üretilen baklava) ile yakın beğeni skorları elde ettiği görülmüştür. Katılımcılara sorulan bu örnekleri satın alıp tüketir misiniz? Sorusuna panelistler tarafından tüm örnekler için olumlu yanıt verildiği tespit edilmiştir (Nur Güneş, 2022). Bu çalışma bize baklava üretiminde baklava üretimi sırasında ortaya çıkan yan ürünlerin belirli oranlarda katılmasının kabul edilebilir olabileceğini göstermektedir.

Gerçekleştirilen başka bir çalışmada, renk ve yapı olarak benzerlik göstermesi nedeniyle antep baklavasına iç malzemesi olarak tağşiş amaçlı bezelye katılmasını tespit edilmesi araştırılmıştır (Çavuş vd., 2018). Bu çalışma bezelye gibi yapı ve koku olarak uygun bazı biyoaktif özellikleri yüksek yan ürünlerin baklava üretiminde değerlendirilebileceği fikrini pekiştirmektedir.

İnovatif yaklaşımlarla Osmanlı baklavasına iç malzemesinde meyve kullanma potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada iç malzemesi olarak elma ve ananasın kullanıldığı 5 farklı deneme tasarlanmıştır. Bu örnekler, genel izlenim, meyve aroması, şerbet kıvamı, tekstür, çıtırlık, yağ aroması, harç oranı, pişirme oranı, rengi parametreleri açısından duyusal olarak değerlendirilmiştir. 3 nolu % 10 ekşi elma serumu, % 3,3 tatlı elma serumu, % 8,5 ekşi elma pulpu, % 8,5 tatlı elma pulpu kullanılarak üretilen elmalı baklava örneğinin ideal olduğu sonucuna varılmıştır (Bal vd., 2019).

Baklavanın tarihini, özelliklerini ve başka kültürlerde ki karşılıklarının anlatıldığı bir makalede baklavanın tüm dünyada popüler bir tatlı olduğu, ülkelerin kendi damak tatlarına uygun baklavalar üretmeyi dendiklerinden bahsetmektedir. Bu yorum farklı içeriklerle zenginleştirilecek, normalde şuruplu ve önemli oranda yufkadan oluşan bu nedenle yüksek kalorili ve glisemik indeksi yüksek olan bir ürünün daha sağlıklı ve fonksiyonel hale getirilebileceğini bize göstermektedir (Akkaya ve Koc, 2017).

Yapılan literatür taramaları özetlenecek olursa;

- Baklava kırıntılarının beyaz çikolata iç harcı olarak kullanıldığı (Petrova vd., 2025),
- Baklava son ürününün içeriğindeki organik ürünlerin (baklava atığı şurup gibi) geri kazanımına yönelik çalışmalar yapıldığı (Omeroglu vd., 2022),
- Meşe palamudu ununun belirli oranlarda baklava hamuruna katılarak fonksiyonel sürdürülebilir baklava üretimi denemesi yapıldığı (Nur Güneş, 2022),
- Baklava üretiminde eski Osmanlı baklava kültürü çerçevesinde farklı meyvelerin kullanıldığı (Bal vd., 2019),
- Baklava şerbetinin geri dönüştürülmesine şeker alkollerinin yeniden kullanılmasına yönelik çalışmaların olduğu görülmüştür (Chompupor vd., 2025).

Sektör çalışanları arasında yapılan gıda üretim tesislerindeki akademik olmayan araştırmalarda, baklava üretim yan ürünlerinin

- Üretimde baklava harcına geri katılma,
- Çöpe atma,
- Hayvan yemi amaçlı kullanma,

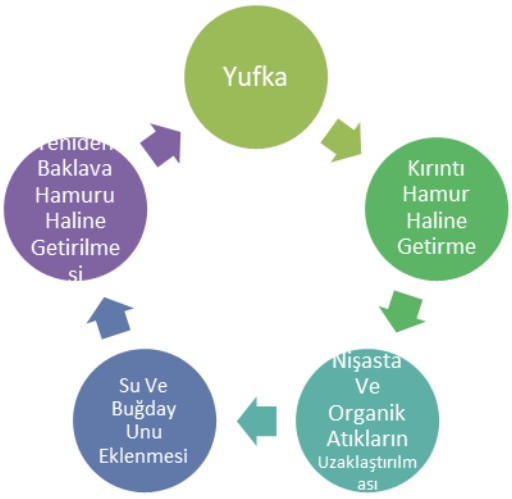
- Pasta iç harcı veya ay çöreği içerisinde değerlendirme gibi farklı değerlendirme yöntemleri olduğu görülmüştür.

Bunlara karşın önceki bölümde belirtilen değerlendirme yöntemlerinin dezavantajlı taraflarını değerlendirecek olursak;

- Ürün hacına katma: Ürün kalitesini düşürmektedir.
- Çöpe atma: Ülkemizdeki baklava ve unlu mamuller üreticilerinin sayısı ve üretilen baklava miktarı dikkate alındığında bu ürünleri çöpe atılması milli bir kayıp ve büyük bir israftır. Yufka artığının toplam üretilen baklava yufkasına oranı % 7'dir. TÜİK verilerine göre 2024 yılında ülkemizde yıllık baklava üretimi miktarı 134.887 tondur (Anonim, 2024). Bu 2.550 ton yufka ortaya çıkması anlamına gelmektedir. Gerçekleştireceğimiz çalışmada yufka ve biyoaktivitesi yüksek farklı organik ürünlerin ekonomiye geri kazandırılması amaçlanmıştır.
- Yan ürün uzun süre yüksek sıcaklık ve nem gibi uygun olmayan koşullarda muhafaza edilerek mikrobiyolojik açıdan gelişme meydana gelmiş ise hayvan yemine katıldığında özellikle küçükbaş hayvanlarda yavru atma, sindirim problemleri gibi hastalıklara yol açabilmekte, hayvanlarda elde edilen sütlerde aftlatoksin varlığı durumu ortaya çıkabilmekte ayrıca hayvanların et ve süt verimi de düşmektedir.
- Ay çöreği gibi unlu mamul ürünlerinde kullanıldığında ise özellikle duyusal açıdan ürün kalitesinde düşüklüğe neden olabilmektedir.

Yapılması düşünülen çalışmada kullanılacak olan temel malzemelerden yufka kırıntıları yufkaların tepsilere döşeme aşaması sonrasında tepsiye sığmayan ve tepsi dışına taşan kısmın kesilerek uzaklaştırılmasıyla meydana gelen malzemelerdir. Bu yufka parçaları, baklava aralarına sadeyağ-bitkisel yağ karışımı serpildiği için içeriğindeki ürünlere ek olarak sadeyağ-bitkisel yağ (margarin) içermektedir. Aynı zamanda bir başka baklava üretimi atık ürünü baklavanın içine eklenen çeşni maddesi (Antep fıstığı, ceviz vb.) malzemeleridir. Baklava üretiminde kullanılan ceviz ve Antep fıstığı çiğ ve kurutulmuş ürünlerdir. Isıl işlem görmüş ürünler baklava üretiminde kullanılmamaktadır.

Gıda işletmelerinde yan ürünü yufka parçalarının değerlendirilmesi aşamaları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Yufka geri dönüşüm şeması

Yapılan ürünlerin çeşitli yaş gurupları tarafından değerlendirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca ürünün taze baklava ve başka ürünlerle tat, görünüş, tüketici beğenisi vb olarak karşılaştırılması yapılacaktır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yufka fazlalığı, iç harçta kullanılamayan bileşenler, baklava satışı sonrası geriye kalan şurup, satılamayan baklavanın hamur ve şurup kısmı vb. baklava üretim atıkları yeniden değerlendirilmesi gereken önemli bir yan üründür. Yapılacak çalışmalarla bu yan ürünlerin gerek baklava üretiminde/daha fonksiyonel bir baklava üretiminde yeniden değerlendirilmesi, gerekse başka ürünlere dönüştürülmesinde kullanılabilmesi gerektiği düşünülmektedir. Yufka atıkları kullanılarak ve enerjisini

azaltmak amacıyla alternatif tatlandırıcılar kullanılarak ve ürüne fonksiyonellik ile antidiyabetiklik kazandırmak için nar kabuğu, sumak, gilaburu, hünnap tozları ilave edilerek ürün geliştirilmesi planlanmaktadır. Geliştirilecek yeni ürünün/ürünleri fiziksel, fizikokimyasal ve duyusal analizleri yapılmalıdır. Ürünün besin değeri, enerji değeri analizleri, duyusal özelliklerinin belirlenmesi ve saklama koşulları ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Acar, O., ve Koksel, H. (2023). Determination of the suitability of wheat cultivars for baklava production. *European Food Research and Technology*, *249*(12), 3141-3150. https://doi.org/10.1007/s00217-023-04355-1

Akkaya, A., ve Koc, B. (2017). Past, present and tomorrow of baklava. *Uluslararası Kırsal Turizm ve Kalkınma Dergisi (IRTAD) E-ISSN: 2602-4462*, *1*(1), 47-50.

Al-Ismail, K. M., Mehyar, G. F., Abu Irhayem, M. M., ve Holley, R. (2020). Effect of the processing and storage conditions on lipid deterioration and organoleptic properties of baklava. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(10), 1-10. https://doi.org/10.1111/jfpp.14749

Anonim. (2005a). *Antep Baklavası* (T.C. Türk Patent Enstitüsü Patent Sy. 95). https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/0cbbdd44-8cae-4ef4-af94-b2889a94f28c.pdf

Anonim. (2005b). *Mahreç İşareti Alan Baklava Çeşitleri* (T.C. Türk Patent Enstitüsü Patent Sy. 95). https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/liste?il=vetur=veurunGrubu=veadi=BAKLAVA

Anonim. (2015). *Türk Baklavası* (TS 13645, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye).

Anonim. (2024). *2024 Yılı Baklava Üretim Miktarı*. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Ankara, Türkiye. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/search?q=10.71.12.00.01

Bal, M., Yıldırım, M., ve Sönmezdağ, A. S. (2019). İnovatif yaklaşımlarla osmanlı meyveli baklavasının gastronomiye kazandırılması. *Turizm Akademik Dergisi*, *6*(2), 215-226.

Chompupor, P., Süzer, Ö., Kırmacı, H. A., Pranil, T., Ghuangpeng, S., ve Nontasan, S. (2025). Effect of erythritol substitution on physicochemical and sensory properties of traditional gaziantep baklava. *Journal of Food Quality*, *2025*(1), 1-11. https://doi.org/10.1155/jfq/8385433

Çavuş, F., Us, M. F., ve Güzelsoy, N. A. (2018). Assesing Pistachio Nut (Pistacia vera L.) Adulteration with Green Pea (Pisum sativum L.) by Untargeted Liquid Chromatography-(quadrupole-time of flight)-Mass Spectrometry Method and Chemometrics. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (19), 34-41.

Nur Güneş, Ş. (2022). *Meşe Palamudununun Sürdürülebilir Gastronomik Ürün Olarak Unlu Mamullerinde Kullanımı: Baklava Üzerine bir Çalışma* [Master's, Ege Üniversitesi, İzmir]. https://www.proquest.com/docview/2925078234/abstract/FF51FA733B444FBDPQ/1

Omeroglu, M. A., Gonul-Baltaci, N., Arslan, N. P., Adiguzel, A., ve Taskin, M. (2022). Microbial conversion of waste baklava syrup to biofuels and bioproducts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *42*, 102364. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102364

Özer, M., Kola, O., Altan, A., Duran, H., ve Zorlugenç, B. (2012). Acrylamide content of some Turkish traditional desserts. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *1010*(11), 74-77.

Petrova, I., Hadjikinova, R., ve Fikret, E. (2025). Chemical, technological and sensory properties of enhanced white chocolate with unconventional ingredients. *BIO Web of Conferences*, *170*, 01004. https://doi.org/10.1051/bioconf/202517001004

ÇORUM HASAN PAŞA KÜTÜPHANESİ YAZMA ESERLER BÖLÜMÜNDE BULUNAN OSMANLI TÜRKÇESİ İLE YAZILMIŞ KIRÂAT VE TECVİD YAZMALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME[1]

Abdüssamed İBİŞ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Kırıkkale Üniversitesi, İslami İlimler Fakültesi, Temel İslam Bilimleri Anabilim Dalı, Kur'ân-ı Kerîm Okuma ve Kırâat İlmi Anabilim Dalı, Kırıkkale, Türkiye

https://orcid.org/0009-0006-8867-3788

Öz

Kur'ân-ı Kerîm'in öğretiminde kırâat ve tecvid ilimleri merkezi bir öneme sahiptir. Zira İslâmî ilimlerin temel kaynağı olan Kur'ân'ın doğru okunması ve sahih biçimde anlaşılması, bu ilimlerin usûl ve kaidelerine vukûfiyetle mümkündür. Bu bağlamda, Kur'ân'ın lafzî muhafazası ile anlamının doğru inşası arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Asr-ı saâdetten günümüze kadar Kur'an ilimlerine yönelik ilmî faaliyetler kesintisiz şekilde devam etmiş; Kur'ân'ı öğrenme ve öğretme konusundaki hassasiyet hiçbir dönemde zayıflamamıştır. Bu süreçte telif edilen eserler ve bunların korunması amacıyla kurulan yazma eser kütüphaneleri, ilmî mirasın sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Yazma eserler, klasik literatürü bünyesinde barındıran ve ilim geleneğinin izlerini taşıyan temel kaynaklar arasında yer almaktadır. Özellikle kırâat ilmi açısından bu eserler, rivayet zincirlerinin korunması ve farklı vecihlerin tespiti bakımından vazgeçilmez bir referans alanı sunmaktadır. Bu yönüyle yazma eserler, geçmiş ile geleceğin ortasında bir köprü mesâbesindedir. Bu araştırmada, Çorum Hasan Paşa Yazma Eserler Kütüphanesi'nde bulunan ve kırâat ile tecvid ilimlerine dair Osmanlı Türkçesiyle kaleme alınmış eserler analiz yöntemiyle incelenecektir. Çalışmanın amacı; eserlerin adları, koleksiyon numaraları, müellif bilgileri ve fiziksel özelliklerini sistematik olarak tespit etmektir. Araştırmada, Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı'na bağlı kütüphanenin katalog kayıtları esas alınmıştır. Yapılan incelemeye göre kütüphanede toplam 17.154 yazma eser bulunmakta olup, bunların 280'i Kur'ân ilimleriyle ilgilidir. Bu eserler arasında Osmanlı Türkçesiyle yazılmış kırâat ve tecvid eserlerinin sayısı 37'dir. Bu çalışma, kırâat ilmine katkı sağlamayı ve yazma eserlerin ilmî değerine dikkat çekerek akademik farkındalığı artırmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kırâat, Tecvid, Yazma Eserler, Çorum Hasan Paşa Yazma Eserler Kütüphanesi.

A STUDY ON THE QIRĀʾĀT AND TAJWĪD MANUSCRIPTS WRITTEN IN OTTOMAN TURKISH IN THE MANUSCRIPTS COLLECTION OF THE ÇORUM HASAN PAŞA LIBRARY

Abstract

The sciences of qirāʾāt (variant readings) and tajwīd occupy a central position in the teaching of the Qurʾān. As the primary source of all Islamic sciences, the accurate recitation and sound understanding of the Qurʾān are only possible through mastery of the principles and rules of these disciplines. In this respect, there exists a strong relationship between the preservation of the Qurʾānic text and the proper construction of its meaning. From the Prophetic period to the present, scholarly engagement with the Qurʾānic sciences has continued uninterrupted, and the commitment to learning and teaching the Qurʾān has never diminished. The composition of scholarly works and the establishment of manuscript libraries

[1] Bu sempozyum bildirisi, Abdüssamed İbiş tarafından Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Temel İslam Bilimleri Anabilim Dalında Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Topcu danışmanlığında devam eden "Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi Yazma Eserler Bölümünde Bulunan Kırâat ve Tecvid Yazmaları (Tespit-Tasnif-Değerlendirme)" başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

for their preservation have played a crucial role in ensuring the continuity of this intellectual heritage. Manuscripts constitute primary sources that preserve the classical scholarly tradition and reflect the continuity of Islamic learning. Particularly in the field of qirāʾāt, these works provide indispensable references for the preservation of transmission chains and the identification and comparison of variant readings. In this sense, manuscripts function as a bridge between past and present. This study examines manuscripts written in Ottoman Turkish on the sciences of qirāʾāt and tajwīd preserved in the Çorum Hasan Paşa Manuscript Library, employing an analytical method. The primary objective is to systematically identify the titles of these works, their collection numbers, information about their authors, and their physical characteristics. The research is based on the catalog records of the library affiliated with the Presidency of the Turkish Manuscripts Institution, which serves as the primary data source. According to the findings, the library holds a total of 17,154 manuscripts, of which 280 pertain to the Qurʾānic sciences. Among these, 49 works are identified as Ottoman Turkish manuscripts specifically related to qirāʾāt and tajwīd. This study aims to contribute to the discipline of qirāʾāt and to highlight the scholarly value of manuscripts by fostering greater academic awareness.

Keywords: Qirāʾāt, Tajweed, Manuscripts, Çorum Hasan Pasha Manuscript Library

Giriş

Yüce Allah'ın Kur'ân-ı Kerîm'e atfettiği değer, onu okuma, dinleme ve hayatın her alanına tatbik etme fiillerini ibadet kapsamında değerlendirmesiyle açıkça ortaya konulmaktadır. Bu çerçevede, Kur'ân ile kurulan ilişkinin yalnızca lafzî bir okuma ile sınırlı kalmayıp, derin bir tefekkür, anlama ve içselleştirme sürecini de içermesi gerektiği anlaşılmaktadır. Nitekim Kur'ân tilâvetinin en ideal biçimi, onun anlamını idrak ederek yapılan ve bireyin hem zihinsel hem de ruhsal dünyasında karşılık bulan bir okuma pratiğidir.[2] Kırâat ilminin temel hedeflerinden biri de Kur'ân'ın bu şekilde, yani usûlüne uygun ve anlam merkezli bir biçimde okunmasını temin etmektir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen bir tilâvet, yalnızca sesin güzelliğiyle sınırlı kalmayıp, muhtevasının kavranmasıyla birlikte insanın hem işitsel hem de kalbî boyutuna hitap eden bir etki meydana getirmektedir. Böyle bir okuma, mü'minin iç huzurunu pekiştiren ve manevî dünyasını derinleştiren bir fonksiyon icra etmektedir.

Kur'ân-ı Kerîm'de yer alan ilâhî hitaplarda, onun okunmasına ve dinlenmesine özel bir önem atfedildiği görülmektedir. Bu bağlamda, Kur'ân tilâvetinin ilâhî bir emir olarak sunulması, onun ibadet boyutunu pekiştirmekte;[3] okunması esnasında dikkatle dinlenmesi ve saygı gösterilmesi gerektiğine yönelik vurgular ise mü'minlerin bu kutsal metinle kurmaları gereken ilişkinin mahiyetini ortaya koymaktadır.[4] Bu yaklaşım, Kur'ân'a yönelik hürmetin sürekliliğini gerekli kılarken, bunun neticesinde ilâhî rahmetin tecelli edeceğine dair bir müjdeyi de içermektedir.

Kırâat ilmi, Kur'ân lafızlarının doğru ve sahih biçimde okunmasını konu edinmesi bakımından, İslâmî ilimler içerisinde son derece temel ve aynı ölçüde hassasiyet gerektiren bir disiplin olarak öne çıkmaktadır. Zira şer'î hükümlerin, ilâhî emir ve yasakların doğru anlaşılması, öncelikle Kur'ân metninin doğru telaffuz edilmesine ve bu telaffuza bağlı olarak lafızların delâlet ettiği anlamın isabetli biçimde kavranmasına bağlıdır. Bu yönüyle kırâat ilmi, mükellefin dinî sorumluluklarını doğru şekilde idrak edebilmesinin de vazgeçilmez bir aracı konumundadır.

Kur'ân-ı Kerîm'in lafzî ve manevî bakımdan eksiksiz ve hatasız olduğu kabul edilmekle birlikte, onu okuyan ve anlamaya çalışan insanın hata yapma ihtimali her zaman mevcuttur. Bu sebeple, âyetlerin doğru okunması ve ifade ettikleri anlamın sağlıklı biçimde anlaşılması sürecinde, kırâat ilminin Kur'ân lafızlarının doğru telaffuzuna yönelik eğitim ve öğretimi merkeze alması, söz konusu disiplinin önemini daha da belirgin kılmaktadır.

---

2 Ebü'l-Fazl Celâlüddîn Abdurrahmân b. Ebî Bekr b. Muhammed el-Hudayrî es-Süyûtî eş-Şâfiî (ö. 911/1505), *el-İtkân fî 'ulûmi'l-Kur'ân*, çev. Sâkıp Yıldız, Hüseyin Avni Çelik (İstanbul: Hikmet Neşriyat, 1987), 253.

3 *en-Neml, 27/92.*

4 *Kur'ân-ı Kerîm ve Açıklamalı Meâli* (Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı, 2012), el-A'râf, 7/204.

Bu önemin farkında olan selef âlimleri, Kur'ân'a hizmet etmeyi ve onunla ilgili ilimleri öğrenip öğretmeyi ilâhî rahmete vesile kabul etmişler; bu doğrultuda kaleme aldıkları eserlerle zengin bir ilmî miras meydana getirmişlerdir. Nitekim söz konusu eserlerin bir kısmı çeşitli doğal afetler, savaşlar ve istilalar gibi olumsuz şartlar sebebiyle günümüze ulaşamamış olsa da, önemli bir bölümü günümüzde yazma eser kütüphanelerinde muhafaza edilmekte ve araştırmacıların istifadesine sunulmaktadır.

"Yazma eser" kavramı, en genel anlamıyla metinlerin matbaa öncesi dönemde doğrudan insan eliyle çoğaltılması sonucu ortaya çıkan kitapları ifade etmektedir. [5] İslâm dünyasında bu tür eserler "yazma", "el yazması" ve Arapça kökenli "mahtût" (çoğulu "mahtûtât") gibi terimlerle anılmaktadır. İslâmî ilimler geleneğinde metinlerin yazıya geçirilmesi ve çoğaltılması büyük bir önem arz etmiş; bu çerçevede kitap formuna getirilen ilk metnin Kur'ân-ı Kerîm olması, yazma eserler içerisindeki en seçkin ve merkezi konumun ona ait olduğunu göstermektedir. Yazma eserler, yalnızca içerikleri bakımından değil, aynı zamanda fiziksel ve paleografik özellikleri itibarıyla da kendilerine özgü nitelikler taşımaktadır. Nitekim aynı müellif tarafından kaleme alınmış veya aynı müstensih tarafından çoğaltılmış nüshalar dahi, yazı karakteri, istinsah tarihi, kullanılan malzeme ve süsleme unsurları gibi yönlerden farklılık gösterebilmektedir. Bu durum, her bir yazma nüshanın müstakil bir kimlik ve özgün bir hüviyet taşıdığına işaret etmekte; dolayısıyla yazma eserleri yalnızca metin taşıyıcıları değil, aynı zamanda tarihî ve kültürel birer artefakt olarak değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır.[6]

Yazma eserlerin sahip olduğu özgün nitelikler, onları matbu eserlerden ayıran belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır. Nitekim matbu kitaplarda eserin adı ve müellif bilgisi genellikle kapak veya ilk sayfalarda standart bir düzen içerisinde açıkça yer almakta ve okuyucu bu bilgilere kolaylıkla ulaşabilmektedir. Buna karşılık yazma eserlerde bu tür bilgiler sabit bir yerde bulunmayıp çoğunlukla "zahriye" [7] olarak adlandırılan ilk yapraklarda veya bu yaprakların satır aralarında dağınık bir şekilde yer almaktadır.

Yazma eserlerde metnin başlangıcı da kendine has bir tertibe sahiptir. Geleneksel olarak eserler besmele, daha sonra hamdele ve sonrasında ise salvele ile başlamakta; bu giriş kısmı literatür de "hutbe" olarak adlandırılmaktadır. Bunu müellifin eserin telif sebebini, amacını ve kapsamını açıkladığı mukaddime bölümü takip etmektedir. Mukaddimenin ardından müellif, eserine verdiği adı zikrederek asıl konuya geçmektedir.

Metnin sonunda yer alan "ketebe" veya "ferağ kaydı"[8] ise yazma eserlerin en önemli unsurlarından birini teşkil etmektedir. Bu bölümde müellif ya da müstensih tarafından eserin istinsah edildiği yer ve tarih gibi temel bilgiler kaydedilmektedir. Söz konusu kayıtlar, eserin tarihî değeri ve ilmî güvenilirliği bakımından büyük önemi hâizdir. Zira bir yazma eserin kıymeti, büyük ölçüde onun istinsah tarihinin eskiliği ve metnin güvenilirliği ile doğrudan ilişkilidir.

Ayrıca yazma eserlerde modern anlamda sayfa numaralandırması bulunmamakta; bunun yerine "varak" veya "yaprak" esasına dayalı bir tasnif kullanılmaktadır.[9] Bu durum, yazma eserlerin hem fiziksel yapısını hem de incelenme yöntemlerini farklılaştıran temel özelliklerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Yazma eserleri matbu eserlerden ayıran başlıca hususlardan biri, her bir nüshanın kendine özgü bir kimlik taşımasıdır. Nitekim yazı türü, istinsah tekniği, fiziki kondüsyonu, muhtevası ve cilt malzemesi gibi unsurlar bakımından her yazma eser, diğerlerinden ayrılan müstakil özellikler sergilemektedir. Bu

---

5 Süleyman Mollaibrahimoğlu, *Yazma eserler terminolojisi* (İstanbul: Ensar Neşriyat, 2007), 17.

6 Orhan Bilgin, "Yazma", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2013), 43/369.

7 "*Yazma kitaplarda genellikle temellük kaydının tezhipli olarak yer aldığı, esas metnin başladığı yaprağın arkasındaki sayfa veya sayfalar için kullanılır.*" Gülnur Duran, "Tezhip (Tezhip Sanatının Kullanım Alanları)", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2012), 41/63.

8 *"Ferağ kelimesi, müstensihler tarafından yazma eserlerin genellikle sonuna konulan ve metnin istinsahının bittiğini belirten kayıt için kullanılır; daha çok "kad vekaa'l-ferâğ" ibaresiyle başladığından bu adı almıştır. Aynı zamanda "istinsah kaydı" denilen bu satırlara bazan "ketebehû" ifadesiyle başlamasından dolayı "ketebe kaydı" adı da verilir"* Orhan Bilgin, "Ferâğ Kaydı", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 1995), 12/354-356.

9 Mustafa Topcu, *Ahmed el-Karamânî ve Tefsir Yöntemi -Tevbe, Yûnus ve Hûd Sûreleri-* (Istanbul: Kitap Dünyası Yayınları, 2023), 86-87.

yönüyle yazma eserler, benzerleriyle ikame edilemeyen, özgün ve biricik kültürel varlıklar olarak değerlendirilmelidir.

Her ne kadar sonraki dönemlerde yapılan istinsahlar veya basılı nüshalar, metinsel içerik bakımından aynı bilgileri aktarabiliyor olsa da, müellifin eseri kaleme aldığı dönemin ilmî, sosyal ve kültürel şartlarını; ayrıca telif sürecine yansıyan emeğini ve üslubunu bütünüyle yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Bu durum, yazma eserin yalnızca bilgi aktaran bir araç olmadığını, aynı zamanda üretildiği dönemin ruhunu ve estetik anlayışını yansıtan bir kültür taşıyıcısı olduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla bir yazma eserin kaybı, sadece içerdiği bilgilerin değil; aynı zamanda yazı karakterinden cilt özelliklerine, kullanılan malzemeden istinsah tekniklerine kadar pek çok tarihî ve kültürel verinin de geri dönülmez biçimde yok olması anlamına gelmektedir. Bu çerçevede yazma eserlerin sahip olduğu özgünlük ve ikame edilemezlik niteliği, onların ilmî ve kültürel değerini daha da artırmaktadır.[10]

Yazma eserlerin genel özelliklerine dair bu kısa değerlendirmeden sonra, çalışmamızın konusunu ve temel veri kaynağını oluşturan Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi ile Hasan Paşa'nın hayatına ilişkin bazı bilgilere yer vermek uygun olacaktır.

1. Hasan Paşa Kütüphanesi ve Hasan Paşa'nın Hayatı

Hasan Paşa Kütüphanesi, kuruluş süreci itibarıyla müstakil bir kütüphane olarak inşa edilmemiş; aksine, çeşitli şahıslara ait özel koleksiyonların bir araya getirilmesiyle teşekkül etmiş bir ilim ve kültür mekânıdır. Bu yönüyle söz konusu kütüphane, Osmanlı döneminde yaygın olarak görülen vakıf kütüphaneciliği geleneğinin somut bir örneğini teşkil etmektedir. Çorum Ulu Camii avlusunda, Anadolu Selçuklu hükümdarlarından III. Alâeddin Keykubad tarafından tesis ettirilen Câmi-i Kebîr Medresesi, uzun süre bölgenin önemli ilim merkezlerinden biri olarak hizmet vermiştir.[11] Bu medresenin hemen bitişiğinde, Beşiktaş Muhafızı Hacı Hasan Paşa tarafından kâgir tarzda inşa ettirilen yapı ise günümüzde Hasan Paşa Kütüphanesi olarak bilinmektedir. Sağlam ve kalıcı bir mimari anlayışla inşa edilen bu yapı, hem fiziksel dayanıklılığı hem de barındırdığı yazma ve matbu eserlerle ilmî mirasın korunmasına hizmet eden önemli bir merkez niteliğindedir.[12] Sonuç olarak Hasan Paşa Kütüphanesi, bulunduğu tarihî ve ilmî çevre ile birlikte değerlendirildiğinde, Anadolu'da kütüphane kültürünün gelişimine katkı sağlayan mühim kurumlardan biri olarak öne çıkmaktadır.

Çorum'da kütüphane faaliyetlerinin başlangıcının 18. yüzyılın ilk yarılarına kadar uzandığı ifade edilmekle birlikte, bu alandaki kurumsallaşmanın 18. yüzyılın son çeyreğinde belirginlik kazandığı görülmektedir. Nitekim 1787 yılında Süleyman Fevzi Paşa'nın girişimleriyle başlatılan kütüphane faaliyetleri, 1788 yılında dönemin Çorum Müftüsü Ahmet Fevzi Efendi tarafından Kurtoğlu Medresesi bünyesinde kurulan kütüphane ile daha sistemli bir hüviyet kazanmıştır. Ahmet Fevzi Efendi, söz konusu kütüphaneye önemli ölçüde katkıda bulunmuş; şahsî koleksiyonunun bir kısmını vakfetmek suretiyle yaklaşık 3000 ciltten müteşekkil zengin bir kütüphane meydana getirmiştir. Bu yönüyle Kurtoğlu Medresesi Kütüphanesi, dönemin ilmî birikimini yansıtan ve bölgedeki eğitim-öğretim faaliyetlerine önemli katkılar sağlayan bir merkez hâline gelmiştir. Öte yandan, kütüphane yapısının giriş kısmında yer alan kitabe, günümüzde Çorum Müzesi'nde muhafaza edilmekte olup, hem kütüphanenin kuruluşuna dair tarihî veriler sunması hem de dönemin vakıf ve hayır anlayışını yansıtması bakımından büyük önem arz etmektedir. Kitabede yer alan ifadeler, kurucunun niyetini, vakfın amacını ve ilme verilen değeri ortaya koyan nitelikte olup, Osmanlı kültür ve medeniyetinde kütüphanelerin üstlendiği fonksiyonu açıkça gözler önüne sermektedir.

"Oldi pek âli bin üçyüz doksanda sâlik. Bu kütüphanenin inşası ile şehri Çorum.

Pederim hacı Ali Vakfetti, ettim tevsi'. Müstefid ola kamu talebe-ı irfan-ı Çorum.

[10] Fatih Rukancı, "Kültürel Mirasın Gelecek Kuşaklara Aktarılması ve Tanıtımında Yazma Eser Kütüphaneciliği", *Erdem* 0/74 (24 Haziran 2018), 104-105.
[11] İhsan Sabuncuoğlu, *Çorum Maarif Hayatı Hakkında Bazı Notlar* (Çorum: İl Basın Evi, 1945), 8.
[12] Naci Önder, "Çorum Milli Kütüphanesinin Kuruluşuna Bir Bakış" (05 Aralık 1951).

Nezd-i Valâ-ı İlahide kabul olsun diye. Feyziya Cümle ahâli senâ-hân-ı Çorum"[13]

1895 yılında Hacı Hasan Paşa'nın inşa ettirdiği Ulu Camii avlusundaki müstakil kütüphane, medresede okuyan talebelerin ilim tahsillerine yönelik büyük bir hizmet ve katkı sağlamıştır. Bu ilmî ve kültürel faaliyetler devam etmekteyken 1924 yılında Tevhîd-i Tedrîsât Kânununun kabulü ve medreselerin kaldırılması ile beraber bu kütüphane, milli kütüphane adıyla Milli Eğitim Bakanlığına bağlanmıştır. Müftü Hacı Ahmet Fevzi Efendi kütüphanesinden 3000, Süleyman Fevzi Paşa kütüphanesinden 600, Hacı Hasan Paşa Kütüphanesinden de 960 kitap bir araya getirilerek il halk kütüphanesi olarak hizmete açılmıştır. Vakıfları ise o dönemdeki Evkaf Müdürlüğü marifetiyle satılmıştır.[14]

Yedi Sekiz lakabı ile bilinen Hasan Paşa, Çorum'da Kayış Köprü Sokakta lüksten uzak sade ve mütevâzi bir evde 1831 yılında dünyaya gelmiştir.[15][16][17] Hasan Paşa, askeriye içerisinde er rütbesinden mareşallik rütbesine kadar yükselen ender şahsiyetlerden birisidir. 25 seneye yayılan bu süre zarfında sultan II. Abdülhamid(1842-1918)'in de güvenini kazanmıştır.[18] Bu başarı ve övünç dolu görev yıllarının ardından Yedi Sekiz Hasan Paşa 1905 yılında 73 yaşında iken vefat etmiştir. Mezarı ise Yahya Efendi Tekkesi Mezarlığındadır.

2.Çorum Hasan Paşa Yazma Eserler Kütüphanesi'ndeki Osmanlı Türkçesi İle Yazılmış Kırâat ve Tecvid Eserleri

2.1. Müellifi Belli Olan Eserler

	Eser İsmi	Müellif İsmi	Koleksiyon Numarası	Yazı Türü	Dil
1	Terceme-i Şerh-i Mukaddimeti'l-Cezeriyye	Halil b. Salih el-Akkirmânî (ö. 1159/1746)	217/4	Nesta'lîk	Osm.Tr.
2	Tecvîd-i Karabaş	Abdurrahman Karabâşî (ö. 904-1498)	3704/2	Nesih	Osm.Tr.
3	Tecvîd-i Karabaş	Abdurrahman Karabâşî (ö. 904-1498)	3703/1	Ta'lîk	Osm.Tr.
4	Tecvîd-i Karabaş	Abdurrahman Karabâşî (ö. 904-1498)	216/5	Nesta'lîk	Osm.Tr.
5	Tecvîd-i Karabaş	Abdurrahman Karabâşî (ö. 904-1498)	3687/15	Nesih	Osm.Tr.
6	Tecvîd-i Karabaş	Abdurrahman Karabâşî (ö. 904-1498)	3811/3	Nesih	Osm.Tr.
7	Tecvîd-i Karabaş	Abdurrahman Karabâşî (ö. 904-1498)	3701/1	Nesih	Osm.Tr.
8	Manzûme-i Tecvîd	Ali b. Ahmed Aksarâyî (ö.?)	3684/3	Harekeli Nesih	Osm.Tr.
9	İlm-i Kırâat	Ahmed Antalyavî (ö.?)	217/3	Ta'lîk	Osm.Tr.

[13] M. Mahfuz Söylemez, "Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi'nde Bulunan İslâm Tarihi İle İlgili Yazmalar", *Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 1/1 (Haziran 2002), 294.
[14] Naci Önder, "Çorum Milli Kütüphanesinin Kuruluşuna Bir Bakış", c. I.
[15] Nazmi Tombuş, "Çorum Büyüklerinden: Beşiktaş Muhafızı Müşir Hacı Hasan Paşa", *Çorumlu Dergisi* 52 (1945), 9.
[16] Ziya Şakir, *Yarım Asır Evvel Bizi İdare Edenler* (İstanbul: Fuat Gücüyener Yayınevi, 1943), 160.
[17] Ethem Erkoç, *Beşiktaş Muhafızı Yedi Sekiz Hasan Paşa ve Bir Devrin Hikâyesi* (Çorum: Çorum Belediyesi Kültür Yayını, 2015), 233.
[18] Şakir, *Yarım Asır Evvel Bizi İdare Edenler*, 168-170; Erkoç, *Beşiktaş Muhafızı Yedi Sekiz Hasan Paşa ve Bir Devrin Hikâyesi*, 102.

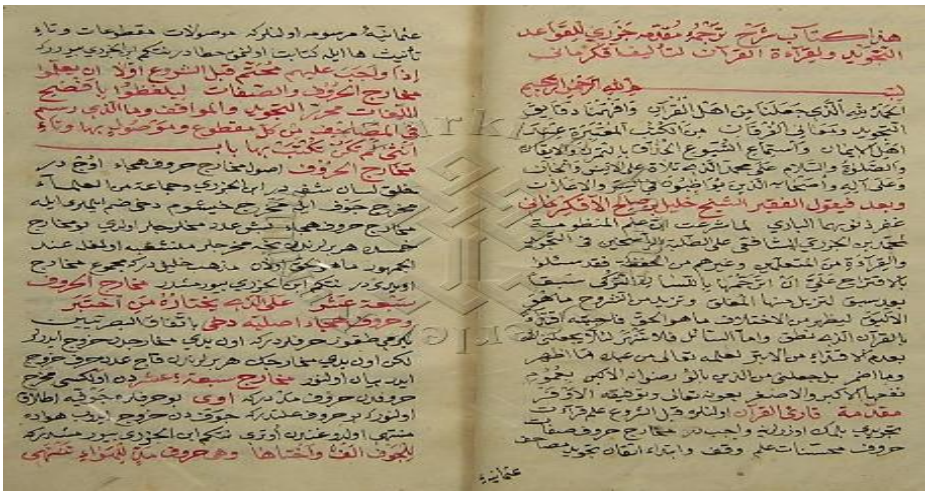
10	Risâle fî Kavâ'idi Kırâ'eti'l-Kur'ân	Temrüklü Ömer b. Mustafa (ö.?)	218/4	Nesih Kırması	Osm.Tr.
11	Risâle-i Tecvîd	Şa'bân Efendi (ö.?)	221/2	Nesta'lîk	Osm.Tr.
12	Risâle fî't-Tecvîd	Hâkimzâde Muhammed el-Bağdâdî (ö.?)	3703/2	Ta'lîk	Osm.Tr.
13	Risâle Tecvîd	Saçaklızâde Mehmed b. Ebûbekir el-Mar'aşî el-Hanefî (ö. 1145/1732)	4773/1	Harekeli Nesih	Osm.Tr.
14	Risâle-i Tecvîd-i Ehem	Mustafa b. Ali (ö. 1032/1623)	218/1	Nesih Kırması	Osm.Tr.
15	Risâle fî't-Tecvîd	Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî (ö.?)	3706/1	Ta'lîk	Osm.Tr.
16	Risâletü'l-Tecvîd	Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî (ö.?)	3706/3	Harekeli Nesih	Osm.Tr.
17	Risâletü'l-Kavâ'idi'l-Külliye fî'l-Kırâ'at	Veysî Üveys b. Mehmed el-Alaşehrî el-Üskübî (ö.1037/1628)	3687/18	Ta'lîk	Osm.Tr.
18	Risâle-i Manzûme-i Tecvîd	Şeyh Sinân Efendi (ö.?)	497/5	Kırma Nesih	Osm.Tr.

2.1.1. Terceme-i Şerh-i Mukaddimeti'l-Cezeriyye

Müellifi Halil b. Salih el-Akkirmânî (ö. 1159/1746)[19] olan bu eser, büyük kırâat âlimi İbnü'l-Cezerî'nin meşhur *Mukaddime*'sinin Türkçe tercümesidir. Eserde takip edilen yöntem dikkat çekici olup, öncelikle *Mukaddime*'de yer alan beyitlerin anlamları verilmiş, ardından ilgili beyitler metin hâlinde kaydedilmiştir. Bu yönüyle eser, hem öğretici hem de açıklayıcı bir nitelik arz etmekte; özellikle kırâat ilmini öğrenenler için didaktik bir kaynak özelliği taşımaktadır. 297.1696 tasnif numarası, 217/4 koleksiyon numarası ve 123979 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu yazma eserin istinsah tarihi H.1172 olarak belirlenmiştir. Eser, 13b-45a yaprakları içerisinde bulunmakta ve her nüsha 23 satırdan oluşmaktadır. 200×140-145 mm ölçülerindeki nüsha, yazı türü bakımından nesta'lîk hatla kaleme alınmıştır. Cilt özellikleri incelendiğinde ise eserin sırtının siyah bezle kaplı olduğu, kapak kısmının ise kırmızı kâğıtla muhafaza altına alındığı görülmektedir. Bu fiziksel özellikler, eserin istinsah edildiği dönemin yazma eser geleneği ve ciltleme anlayışı hakkında önemli veriler sunmakta; aynı zamanda eserin korunmuşluk durumuna dair de fikir vermektedir.[20]

[19] Ahmet Gökdemir, *Osmanlı Tecvîd Risâleleri* (Ankara: Sonçağ Akademi, 2020), 13-14.
[20] Halil b. Sâlih el-Akkirmânî, *Terceme-i Şerhu Mukaddimeti'l-Cezeriyye* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123979), 13b-45a).

Resim 1: *Terceme-i Şerh-i Mukaddimeti'l-Cezeriyye* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.1.2. Tecvîd-i Karabaş

Eserin müellifi, katalog kayıtlarında Karabaş Veli Alâeddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî (ö. 1097/1686) olarak gösterilmektedir. Ancak yapılan inceleme ve mukayeseli değerlendirmeler neticesinde, söz konusu eserin müellifinin bu kişi olmadığı; aksine, Osmanlı döneminin en tanınmış tecvid metinlerinden biri olan Karabaş Tecvidi'nin müellifi Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498) olduğu tespit edilmiştir. Nitekim Karabaş Veli olarak bilinen Alâeddin Ali'nin kırâat ve tecvid ilimleriyle doğrudan ilmî bir irtibatının bulunmadığı, bu alanlarda herhangi bir eser telif etmediği anlaşılmaktadır. Buna karşılık, söz konusu şahsın daha ziyade tasavvuf sahasında faaliyet gösterdiği ve bu alanda eserler verdiği bilinmektedir. Bu veriler, katalog kaydındaki müellif isnadının tashih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. [21] Eserin muhtevası incelendiğinde, giriş kısmında Hz. Peygamber'e ithaf edilmiş bir na't-ı şerifin yer aldığı görülmektedir. Bunu takiben tecvid ilmine dair temel bilgilerin sistematik bir şekilde ele alındığı bölüm gelmekte; eserin sonunda ise namazın kılınışına dair açıklamalar ve dua ile metin nihayete ermektedir. 297.169 tasnif numarası, 3704/2 koleksiyon numarası ve 125459 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu mahtût eser, 5b–16a varakları içerisinde mevcut olup, her sayfada 10 satırdan oluşmaktadır. Eser nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 165×115–120×65 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı meşin, üzeri mavi renk kullanılan kâğıt ile kaplanmış mukavva cilt içerisindedir.[22]

[21] Kerim Kara, "Karabaş Velî", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2001), 24/369-371.

[22] Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî Karabaş Veli, *Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125459), 5b-16a).

Resim 2: *Tecvîd-i Karabaş* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.3. Tecvîd-i Karabaş

Eserin müellifi, katalog kayıtlarında Karabaş Veli Alâeddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî (ö. 1097/1686) olarak gösterilmiş olmakla birlikte, tekrara düşmemek adına 3704/2 koleksiyon numaralı nüshanın tanıtımında ayrıntılı biçimde ele alınan müellif bilgileri burada da geçerlidir. Bu çerçevede, söz konusu eserin müellifinin Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498) olduğu kabul edilmektedir.297.169 tasnif numarası, 3703/1 koleksiyon numarası ve 125454 bibliyografik kayıt numarasıyla kayıtlı olan bu yazma eserin istinsah tarihi 1223'tür. Eser, 1b–5a varakları arasında olup, ayrıca her sayfada 17 satır mecvut bulunmaktadır. 175×145–150×85 mm ölçülerine sahip olan nüsha, ta'lîk hatla kaleme alınmıştır. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı bez, üzeri sarı renkli kâğıt ile kaplı mukavva bir cilt bünyesinde muhafaza edilmektedir.[23]

Resim 3: *Tecvîd-i Karabaş* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.4. Tecvîd-i Karabaş

Eserin müellifi, katalog kayıtlarında Karabaş Veli Alâeddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî (ö. 1097/1686) olarak gösterilmiş olmakla birlikte, tekrara düşmemek adına 3704/2 koleksiyon numaralı nüshanın tanıtımında ayrıntılı biçimde ortaya konulan değerlendirmeler burada da geçerlidir. Bu doğrultuda, eserin müellifinin Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498) olduğu kabul

[23] Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî Karabaş Veli, *Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125454), 1b-5a).

edilmektedir. Ayrıca, ilgili eserin katalog kayıtlarında görseline ulaşılamamıştır. 297.169 tasnif numarası, 216/5 koleksiyon numarası ve 125447 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu eser, 28b–63b varakları içerisinde mevcut olmakla birlikte her sayfa 15 satırdan müteşekkildir. Nüsha, nesta'lîk hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 200×145–150×75 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah meşin, üzeri kırmızı renkli bir kâğıt ile çevrili mukavva cilt arasında muhafaza edilmektedir.[24]

2.1.5. Tecvîd-i Karabaş

Eserin müellifi, katalog kayıtlarında Karabaş Veli Alâeddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî (ö. 1097/1686) olarak gösterilmiş olmakla birlikte, tekrara düşmemek adına 3704/2 koleksiyon numaralı nüshanın tanıtımında ayrıntılı şekilde ortaya konulan müellif değerlendirmeleri burada da geçerlidir. Bu çerçevede, eserin müellifinin Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498) olduğu kabul edilmektedir. 297.169 tasnif numarası, 3687/15 koleksiyon numarası ve 125449 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu yazma eser, 119b–122a varakları içerisinde mevcut olmakla birlikte her sayfada 21 satır bulunmaktadır. Nüsha, nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 205×140–155×95 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise çeharkûşe siyah meşin kaplı, üzeri ebru kâğıt kaplanmış mukavva bir cilt arasında muhafaza edilmektedir.[25]

Resim 4: *Tecvîd-i Karabaş* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.6. Tecvîd-i Karabaş

Eserin müellifi, katalog kayıtlarında Karabaş Veli Alâeddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî (ö. 1097/1686) olarak gösterilmiş olmakla birlikte, tekrara düşmemek adına 3704/2 koleksiyon numaralı nüshanın tanıtımında ayrıntılı biçimde ele alınan müellif değerlendirmeleri burada da geçerlidir. Bu çerçevede, söz konusu eserin müellifinin Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498) olduğu kabul edilmektedir. 297.169 tasnif numarası, 3811/3 koleksiyon numarası ve 123980 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu yazma eser, 32b–38b varakları arasında mevcut olup her sayfası 11 satırdan müteşekkildir. Nüsha, nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 150×100–100×55 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah pandizot kaplı bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[26]

[24] Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî Karabaş Veli, *Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125447), 28b-63b).

[25] Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî Karabaş Veli, *Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125449), 119b-122a).

[26] Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî Karabaş Veli, *Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123980), 32b-38b).

Resim 5: *Tecvîd-i Karabaş* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.7. Tecvîd-i Karabaş

Eserin müellifi, katalog kayıtlarında Karabaş Veli Alâeddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî (ö. 1097/1686) olarak gösterilmiş olmakla birlikte, tekrara düşmemek adına 3704/2 koleksiyon numaralı nüshanın tanıtımında ayrıntılı biçimde ortaya konulan müellif değerlendirmeleri burada da geçerlidir. Bu çerçevede, söz konusu eserin müellifinin Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498) olduğu kabul edilmektedir. 297.169 tasnif numarası, 3701/1 koleksiyon numarası ve 125451 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu yazma eser, 1b–5b varakları içerisinde yer almakla beraber, her sayfa 15 satırdan müteşekkildir. Nüsha, nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 185×115–140×70 mm'dir. Eserin herhangi bir cildi bulunmayıp ciltsiz olarak muhafaza edilmektedir.[27]

Resim 6: *Tecvîd-i Karabaş* İsimli Eserin İlk Sayfası

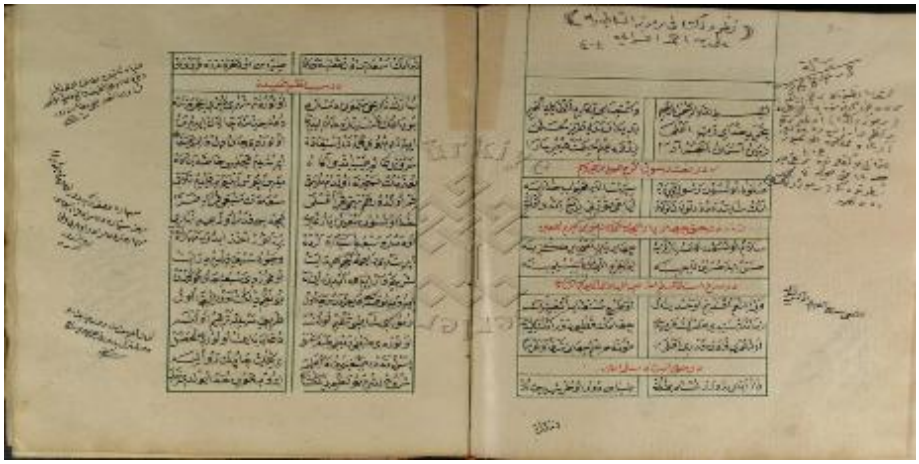
2.1.8. Manzûme-i Tecvîd

Eserin müellifi Ali b. Ahmed el-Aksarâyî olup, kaynaklarda ölüm tarihi ve hayatına dair ayrıntılı bir bilgiye rastlanılamamıştır. 297.169 tasnif numarası, 3684/3 koleksiyon numarası ve 124191 bibliyografik kayıt numarasıyla kaydedilen bu yazma eser, 9b–11a varakları arasında yer alıp, her

[27] Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî Karabaş Veli, *Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125451), 1b-5b).

sayfada 17 satır olduğu görülmüştür. Nüsha, harekeli nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 215×155–160×85 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından sırtı bez kaplı, kapakları sarı renkli kâğıt kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Ayrıca eserde cetvellerin yeşil renkte olduğu tespit edilmiştir.[28]

Resim 7: *Manzûme-i Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.1.9. İlm-i Kırâat

Eserin müellifi Şeyh Ahmed el-Antalyavî olup, kaynaklarda ölüm tarihi ve hayatına dair herhangi bir bilgiye rastlanılamamıştır. 297.169 tasnif numarası, 217/3 koleksiyon numarası ve 123452 bibliyografik kayıt numarasıyla kayıtlı bulunan bu mahtût eser, 10a–12b varakları içerisinde yer alıp, her sayfası 19 satırdan müteşekkildir. Nüsha, ta'lîk hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 200×140–155×100 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından sırtı siyah bez, üzeri kırmızı renkli kâğıt ile kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Ayrıca metin içerisinde söz başlarının kırmızı mürekkeple yazıldığı tespit edilmiştir.[29]

Resim 8: *İlm-i Kırâat* İsimli Eserin İlk Sayfası

[28] Ali b. Ahmed Aksarâyî, *Manzûme-i Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (124191), 9b-11a).

[29] Şeyh Ahmed Antalyavî, *İlm-i Kıra'ât* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123452), 10a-12b).

2.1.10. Risâle fî Kavâ‘idi Kırâ’eti’l-Kur’ân

Eserin müellifi Temrüklü Ömer b. Mustafa’dır. Müellifin hayatı ve vefat tarihine dair mevcut bilgiler sınırlı olmakla birlikte, eserin içeriğinden hareketle yapılan değerlendirmeler neticesinde, Ömer b. Mustafa’nın XVII. yüzyılın sonlarında yaşamış olduğu anlaşılmaktadır. 297.169 tasnif numarası, 218/4 koleksiyon numarası ve 123199 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, 24b–46b varakları içerisinde mevcut bulunmakta ayrıca her sayfası 15 satırdan oluşmaktadır. Bu nüsha nesih kırması hatla istinsah edilmiştir ve ölçüleri 195×140–140×70 mm’dir. Eserin müstensihi Çorumlu Hacı Ömer b. Ahmed b. Muhammed b. Mustafa olup istinsah tarihi 1166’dır. Cilt özellikleri bakımından sırtı siyah meşin, kapakları kırmızı kaplı mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Ayrıca metin içerisinde söz başlarının kırmızı mürekkeple yazıldığı görülmektedir.[30]

Resim 9: *Risâle fî Kavâ‘idi Kırâ’eti’l-Kur’ân* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.11. Risâle-i Tecvîd

Eserin müellifi Şa‘bân Efendi olup, kaynaklarda vefat tarihi ve hayatına dair ayrıntılı bilgiye rastlanılamamıştır. 297.1 tasnif numarası, 221/2 koleksiyon numarası ve 123852 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, 11b–23a varakları içerisinde yer almaktadır. Her sayfası 19 satırdan müteşekkildir. Nüsha, nesta‘lîk hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 195×115 mm’dir. Cilt özellikleri bakımından ise mor renkli kâğıt kaplı karton bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[31]

Resim 10: *Risâle-i Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

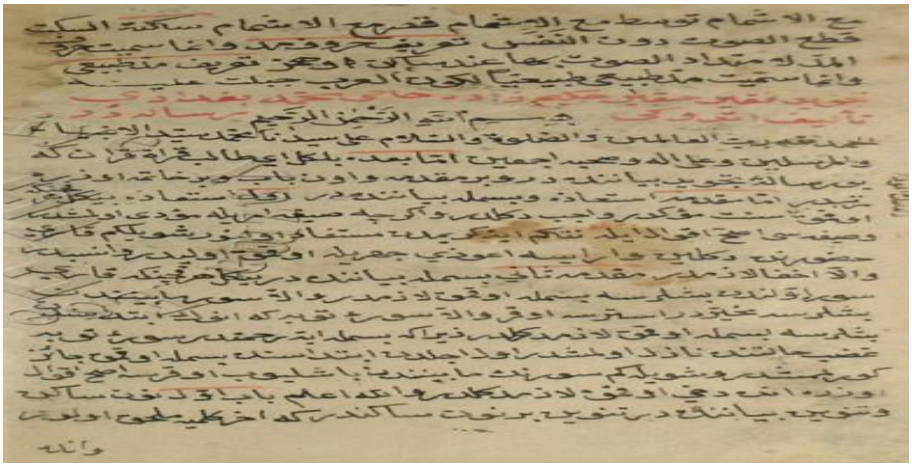
[30] Temrüklü Ömer b. Mustafa, *Risâle fî Kavâ‘idi Kırâ’eti’l-Kur’ân* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123199), 24b-46b).

[31] Şa’bân Efendî, *Risâle-i Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123852), 11b-23a).

2.1.12. Risâle fi't-Tecvîd

Eserin müellifi Hâkimzâde Muhammed el-Bağdâdî'dir. Doğum tarihine dair tabakât kaynaklarında kesin bir kayıt bulunmamakla birlikte, müellifin kendi eserlerinden elde edilen sınırlı bilgilere göre 1000/1591 yılında doğduğu anlaşılmaktadır. Vefat tarihi ise kesin olarak tespit edilememiştir. Nitekim müellif, Risâle fi't-Tecvîd adlı eserinin hâtime kısmında risâleyi 1085 yılı Rebîülevvel ayında tamamladığını ifade etmektedir. Bu durum, vefatının 1085 yılı veya sonrasında gerçekleşmiş olabileceğini göstermekte; ancak kesin bir tarih vermeyi mümkün kılmamaktadır.[32] 297.1 tasnif numarası, 3703/2 koleksiyon numarası ve 123856 bibliyografik kayıt numarasıyla kayıtlı olan bu yazma eser, 9b–12b sayfaları arasında olduğu görülmüştür. Her sayfasında 21 satır bulunmaktadır. Nüsha, ta'lîk hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 175×115–135×180 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı bez kaplı, sarı renkli mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[33]

Resim 11: *Risâle fi't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.1.13. Risâle Tecvîd

Eserin müellifi Saçaklızâde Mehmed b. Ebûbekir el-Mar'aşî el-Hanefî (ö. 1145/1732)'dir. Literatürde birden fazla nüshası bulunduğu bilinmekle birlikte, bu çalışmada esas alınan katalog kaydındaki nüsha dikkate alındığında, eserin hacim itibarıyla kapsamlı bir telif olmadığı; aksine tecvîd ilmine dair temel bilgilerin özlü ve sistematik bir şekilde sunulduğu muhtasar bir risâle niteliği taşıdığı anlaşılmaktadır. Eserin tertibine bakıldığında, klasik kadim geleneğe uyumlu başta besmele, sonra hamdele ve daha sonra salvele ile başlandığı, ardından doğrudan konuya geçilerek tecvîd meselelerinin kısa ve öz bir üslupla ele alındığı ve metnin yine aynı doğrultuda sâde bir şekilde sonlandırıldığı görülmektedir.[34]

297.1 tasnif numarası, 4773/1 koleksiyon numarası ve 123666 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, 1b–4b sayfaları içerisinde bulunup her sayfası 13 satırdan oluşmaktadır. Nüsha, harekeli nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 170×115–150×80 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise mavi renkli mukavva kaplı, sırtı hardal rengi meşin cilt ile koruma altındadır.[35]

---

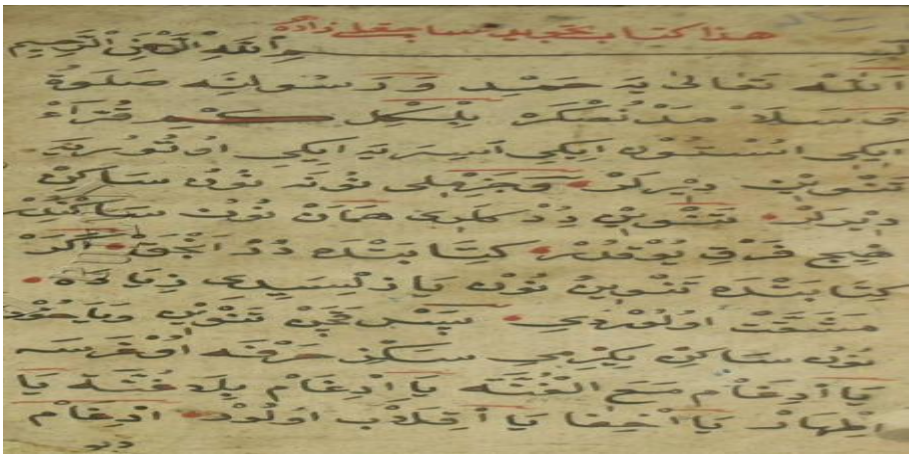
[32] Abdullah Çakar, *Hakîmzâde Muhammed El-Bağdâdî'nin Risale-i Tecvîd İsimli Eseri İnceleme ve Transkripsiyon* (İstanbul: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Temel İslam Bilimleri Ana Bilim Dalı / Temel İslam Bilimleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2023) ((Tez No: 817236)), 9-10.

[33] Muhammed Bagdâdî, *Risâle fi't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123856), 9b-12b).

[34] Mehmed b. Ebû Bekir el-Mar'aşî el-Hanefî Saçaklızâde, *Risâle Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123666), 1b-4b).

[35] Saçaklızâde, *Risâle Tecvîd* (Hasan Paşa Yazma, (123666), 1b-4b).

Resim 12: *Risâle Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.1.14. Risâle-i Tecvîd-i Ehem

Eserin müellifi Mustafa b. Ali (ö. 1032/1623)'dir. Müellif, eserin dibâce bölümünde klasik telif geleneği ile uyumlu olarak önce besmele, sonra hamdele ve daha sonra salvele ile söze başlamış; akabinde tecvid ilminin önemi üzerinde durarak Kur'ân-ı Kerîm tilâvetinde bu ilmin zaruretine işaret etmiştir. Bu çerçevede, tecvid ilminin öğrenilmemesinin doğuracağı olumsuz sonuçlara da dikkat çekerek konunun dinî ve ilmî boyutunu vurgulamıştır. Eserin muhtevası incelendiğinde, klasik tecvid literatüründe yaygın olarak görülen sistematik başlıklandırma yerine, müellifin öncelik verdiği konular doğrultusunda bir tertip benimsediği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, eserin başlangıç kısmında mehâric-i hurûf ve sıfât-ı hurûf konuları ele alınmakta; ilerleyen bölümlerde ise medler bahsi açıklanmaktadır. Bu yönüyle eser, temel tecvid meselelerini özlü bir çerçevede sunan bir risâle hüviyeti taşımaktadır.[36]

Toplam 12 varaktan ve her sayfada 21 satırdan oluşan eser, 297.1 tasnif numarası, 218/1 koleksiyon numarası ve 123933 bibliyografik kayıt numarasıyla kayıtlıdır. Nüsha, nesih kırması yazı türüyle istinsah edilmiştir. Ölçüleri 195×140–145×70 mm'dir. Eserin istinsah tarihi 1113 olarak kaydedilmiştir.[37]

Resim 13: *Risâle-i Tecvîd-i Ehem* İsimli Eserin İlk Sayfası

[36] Gökdemir, *Osmanlı Tecvîd Risâleleri*, 149.

[37] Mustafâ b. Alî, *Risâle-i Tecvîd-i Ehem* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123933), 1b-12b).

2.1.15. Risâle fî't-Tecvîd

Eserin müellifi Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî'dir. Müellifin vefat tarihine dair kesin bir bilgi bulunmamakla birlikte, risâleyi 1126 yılında kaleme aldığını belirtmesi, onun Hicrî XII. asrın ilk yarısında yaşamış olduğunu göstermektedir. Bu durum, müellifin ilmî faaliyetlerini söz konusu dönemin tecvid geleneği içerisinde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.[38] Eserin giriş kısmında müellif, tecvîd ilminin önemini bir âyet-i kerîme ile temellendirmiş; ardından tecvid sahasında otorite kabul edilen İbnü'l-Cezerî (ö. 833/1429)'nin *Mukaddime* adlı eserinden bir beyit aktararak bu ilmin ehemmiyetini pekiştirmiştir. Bu yaklaşım, müellifin klasik tecvid literatürüyle olan irtibatını ve ilmî referanslarını ortaya koyması bakımından dikkat çekicidir.[39] 297.1 tasnif numarası, 3706/1 koleksiyon numarası ve 123866 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, 1b–10 sayfaları içerisinde yer alır. Her sayfa 11 satırdan müteşekkildir. Nüsha, ta'lîk hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 150×105–110×70 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı bez kaplı mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[40]

Resim 14: *Risâle fî't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.16. Risâletü'l-Tecvîd

Eserin müellifi Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî'dir. Müellifin vefat tarihi kesin olarak bilinmemekle birlikte, risâleyi 1126 yılında kaleme aldığını ifade etmesi, onun Hicrî XII. asrın ilk yarısında yaşamış olduğunu göstermektedir. Müellif ve eser bakımından bir önceki nüsha ile aynı olması sebebiyle, orada belirtilen biyografik ve muhteva ile ilgili değerlendirmeler bu eser için de geçerlidir. Bununla birlikte, söz konusu nüshanın daha fazla varak ihtiva etmesi, içeriğin kapsamlı bir biçimde incelemeye tâbî tutulduğunu göstermektedir. Nitekim varaklarda herhangi bir eksiklik bulunmaması, tecvid ilmine dair konuların risâle formunda baştan sona bütüncül ve sistematik bir şekilde işlendiğine işaret etmektedir.[41] 297.18 tasnif numarası, 3706/3 koleksiyon numarası ve 123865 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, 73b–93b varakları içerisinde yer alır ve her sayfasında 13 satır bulunmaktadır. Nüsha, harekeli nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 150×100–105×55 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı lacivert bez kaplı mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[42]

---

[38] Alfred Piku, *Osmanlı Döneminde Arnavut Asıllı Müelliflerin Kur'ân Ilimleri ve Tefsir Alanındaki Çalışmaları* (İstanbul: Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Temel İslam Bilimleri Ana Bilim Dalı / Temel İslam Bilimleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2020) ((Tez No: 619349)), 54-55.

[39] Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî, *Risâle fî't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123866), 1b-10a).

[40] Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî, *Risâle fî't-Tecvîd* (Hasan Paşa Yazma, (123866), 1b-10a).

[41] Mahmûd b. Süleymân el-Pirizrenî, *Risâletü'l-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123865), 73b-93b).

[42] Mahmûd b. Süleymân el-Pirizrenî, *Risâletü'l-Tecvîd* (Hasan Paşa Yazma, (123865), 73b-93b).

2.1.17. Risâletü'l-Kavâ'idi'l-Külliye fi'l-Kırâ'at

Eserin müellifi Veysî Üveys b. Mehmed el-Alaşehrî el-Üskübî (ö. 1037/1628)'dir. Müellifin bu risâlesi, Kâsım b. Firrûh eş-Şâtıbî (ö. 590/1194)'nin tecvid kaidelerine dair eserlerinde yer alan ilgili bölümlerin ihtisar edilmesi suretiyle kaleme alınmıştır. Bu yönüyle eser, klasik tecvid literatürünün temel metinlerinden istifade edilerek oluşturulmuş muhtasar bir derleme niteliği taşımaktadır. 297.18 tasnif numarası, 3687/18 koleksiyon numarası ve 123902 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, 137a–142a sayfaları içerisinde yer alır. Her sayfada 20 satır bulunmaktadır. Nüsha, ta'lîk hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 205×140–170×115 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise çeharkûşe siyah meşin kaplı, üzeri ebru kâğıt ile kaplanmış mukavva bir cilt arasında muhafaza edilmektedir.[43]

Resim 15: *Risâletü'l-Kavâ'idi'l-Külliye fi'l-Kırâ'at* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.1.18. Risâle-i Manzûme-i Tecvîd

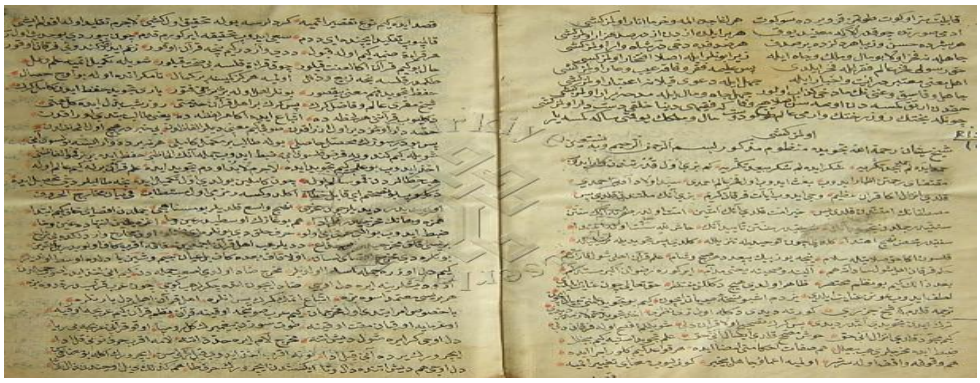
Eserin müellifi Şeyh Sinân Efendi'dir. Müellifin doğum ve vefat tarihleri hakkında kesin bilgilere ulaşılamamakla birlikte, eserlerinden hareketle XVII. yüzyılda yaşadığı ve 1620 yılı itibarıyla hayatta olduğu anlaşılmaktadır. Müellif, söz konusu risâlenin 13. 14. ve 15. beyitlerinde, bu manzumenin beklemediği bir zamanda ilâhî bir yardım vesilesiyle ortaya çıktığını ifade etmekte; ayrıca bu metni tecvid ilminin daha kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla kaleme aldığını belirtmektedir. Bu yönüyle eser, öğretici ve didaktik bir gayeyle telif edilmiş manzum bir risâle niteliği taşımaktadır.[44] 297.189 tasnif numarası, 497/5 koleksiyon numarası ve 124115 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, 116b–119b varakları arasında yer almakta olup satır sayısı muhteliftir. Nüsha, kırma nesih hatla istinsah edilmiş olup ölçüleri 206×150–176×120 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise çeharkûşe kahverengi meşin kaplı, üzeri desenli kâğıt kaplı bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[45]

[43] Üveys b. Mehmed el-Alaşehrî el-Üskübî Veysî, *Risâletü'l-Kavâ'idi'l-Külliye fi'l-Kırâ'at* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123902), 137a-142a).

[44] Mehmet Güler, "Şeyh Sinân Efendi Nin Manzum Tecvîd Tercümesi", *Journal Of International Social Research* 10/52 (25 Ekim 2017), 147-148.

[45] Sinân, *Risâle-i Manzûme-i Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (124115), 116b-119b).

Resim 16: *Risâle-i Manzûme-i Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.2. Müellifi Belli Olmayan Eserler

S. NO	Eser İsmi	Müellif İsmi	Koleksiyon Numarası	Yazı Türü	Dil
1	Risâle fî Beyâni Tecvîd	Tespit Edilemedi	218/2	Nesih kırma	Osm.Tr.
2	Risâle fî Kavâ'idi Kırâ'ati'l-Kur'ân	Tespit Edilemedi	187/2	Ta'lîk	Osm.Tr.
3	Risâle-i Medd ve Mehâricü'l-Hurûf	Tespit Edilemedi	3703/3	Nesih	Osm.Tr.
4	Risâle fi'l-İdğâm fi'l-Kırâ'e	Tespit Edilemedi	3687/6	Ta'lîk	Osm.Tr.
5	Şerh-i Tecvîd-i Karabaş	Tespit Edilemedi	3686/2	Nesih	Osm.Tr.
6	Risâle fî Beyâni'l Vasl ve'l-Kat'	Tespit Edilemedi	220/2	Nesih	Osm.Tr.
7	Risâle fî Resmi Hatti'l-Kur'ân	Tespit Edilemedi	23291/6	Nesih	Osm.Tr.
8	Risâle fî't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	1047/13	Ta'lîk	Osm.Tr.
9	Risâle fî't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	3687/17	Nesih	Osm.Tr.
10	Risâle fî't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	8011	Ta'lîk	Osm.Tr.
11	Risâle fî't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	3701/2	Nesih	Osm.Tr.
12	Risâle-i Kavâid-i Kur'ân	Tespit Edilemedi	216/2	Nesih	Osm.Tr.
13	Risâle fî't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	216/4	Nesih kırma	Osm.Tr.
14	Risâle-i Beyân-i Sıfât-ı Hurûf	Tespit Edilemedi	3684/5	Nesih	Osm.Tr.
15	Takrîr-i Cezerî	Tespit Edilemedi	213/2	Nesih	Osm.Tr.
16	Risâle-i Beyân-i Mehâric-i Hurûf	Tespit Edilemedi	1507/7	Nesih	Osm.Tr.
17	Ri'âyetü't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	3687/12	Nesih	Osm.Tr.
18	Risâle-i Mahrec-i Tecvîd	Tespit Edilemedi	3697/1	Nesih	Osm.Tr.
19	Kitâbü't-Tecvîd	Tespit Edilemedi	546/8	Nesih kırma	Osm.Tr.

2.2.1. Risâle fî Beyâni Tecvîd

297.169 tasnif numarası, 218/2 koleksiyon numarası ve 123854 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, nesih kırması hatla istinsah edilmiştir. Bu yazma eseri telif eden kişiye dair bilgilere ulaşılamamıştır. Muhteva bakımından incelendiğinde, klasik tecvîd kaidelerinin kısa ve öz bir şekilde ele alındığı muhtasar bir risâle niteliği taşıdığı görülmektedir. Eser, toplam 6 varaktan oluşmakta ve her sayfa 17 satırdan müteşekkildir. İçerisinde yer aldığı mecmua içerisinde vr. 13a–17b arasında konumlanmaktadır. Nüshanın ölçüleri 195×145–150×90 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah meşin, üzeri kırmızı rengindeki kâğıt ile kaplanmış mukavva ciltte muhafaza edilmektedir.[46]

[46] *Risâle fî Beyâni Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123854), 13a-17b).

Resim 17: *Risâle fî Beyâni Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.2. Risâle fî Kavâ'idi Kırâ'ati'l-Kur'ân

297.169 tasnif numarası, 187/2 koleksiyon numarası ve 123197 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, ta'lîk hatla istinsah edilmiştir. Katalog kayıtlarına göre nüsha, 18b–53a varakları içerisinde yer alıp her sayfası 19 satırdan müteşekkildir. Eserin fiziki özellikleri incelendiğinde, ölçülerinin 215×155–150×90 mm olduğu görülmektedir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı meşin, üzeri desenli kâğıt kaplı bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Ayrıca metin içerisinde söz başlarının kırmızı mürekkeple yazıldığı tespit edilmiştir.[47]

2.2.3. Risâle-i Medd ve Mehâricü'l-Hurûf

297.169 tasnif numarası, 3703/3 koleksiyon numarası ve 123878 bibliyografik kayıt numarasıyla kayıtlı olan bu mahtût eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, toplam 43 varaktan oluşmakta olup satır sayıları muhteliftir. Eser, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 15b–65b varakları arasında bulunmaktadır. Eserin muhtevası incelendiğinde, başlangıç kısmında kırâat imamları ve râvîlerinin kimlikleri, bu imam ve râvîlere ait remizler ile okuyuşlarında görülen sıla miktarlarındaki farklılıkların ele alındığı görülmektedir. Devamında ise harflerin mahreçleri, doğru telaffuz biçimleri ve med (uzatma) kuralları gibi tecvid ilminin temel konularına dair teorik bilgiler sunulmaktadır. Bu yönüyle eser, kırâat ve tecvid alanına dair temel mâlûmatları tek bir noktaya toplayan öğretici bir metin niteliği taşımaktadır. Eserin fiziki özellikleri bakımından, sırtı bez kaplı ve sarı renkli mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edildiği, ölçülerinin ise 175×115 mm olduğu tespit edilmiştir.[48]

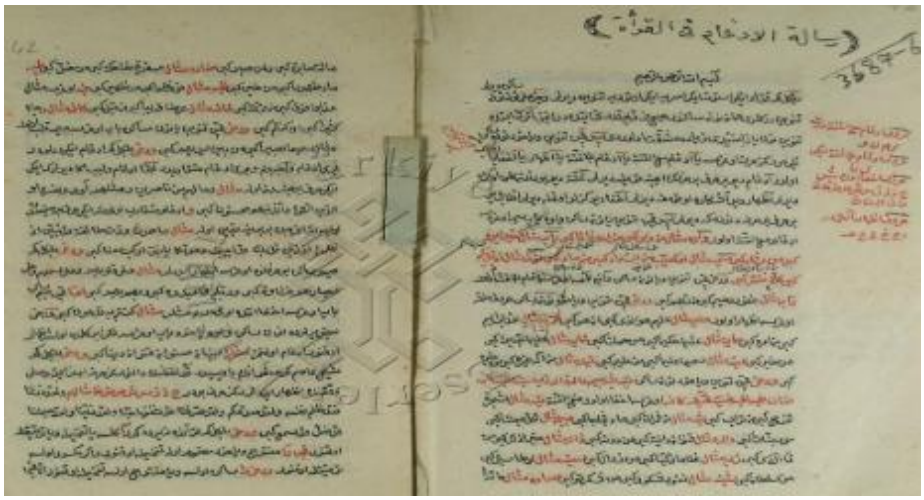
2.2.4. Risâle fi'l-İdğâm fi'l-Kırâ'e

297.169 tasnif numarası, 3687/6 koleksiyon numarası ve 127969 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, ta'lîk hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, toplam 3 varaktan oluşmakta olup her sayfası 21 satırdan müteşekkildir. Eser, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 42b–44b varakları arasında yer almaktadır. Muhteva bakımından incelendiğinde, eserin başlığından da anlaşılacağı üzere tecvid ilminin temel konularından biri olan idğâm meselesini ele aldığı görülmektedir. Giriş bölümünde idğâmın sözlük ve terim anlamları açıklanmakta; devamında ise idğâmın gerçekleşme şartları ve kırâat imamlarının bu konudaki farklı yaklaşımları üzerinde durulmaktadır. Eserin son kısmında ise Kur'ân-ı Kerîm tilâveti esnasında durulması gereken yerler ile bu duraklara işaret eden alâmetler hakkında bilgi verilmektedir. Bu yönüyle eser, belirli bir tecvid konusunu ele alan muhtasar ve öğretici bir risâle niteliği taşımaktadır. Eserin fiziki özellikleri bakımından ölçülerinin 205×140–145×70 mm olduğu, cilt

[47] *Risâle fî Kavâ'idi Kırâ'ati'l-Kur'ân* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123197), 18b-53a).
[48] *Risâle-i Medd ve Mehâricü'l-Hurûf* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123878), 15b-65b).

özelliklerinin ise çeharkûşe kahverengi meşin kaplı, üzeri ebru mukavva bir cilt şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca metin içerisinde söz başlarının kırmızı mürekkeple yazıldığı görülmektedir.[49]

Resim 18: *Risâle fi'l-İdğâm fi'l-Kırâ'e* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.2.5. Şerh-i Tecvîd-i Karabaş

297.189 tasnif numarası, 3686/2 koleksiyon numarası ve 128787 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Katalog kayıtlarına göre eserin istinsah tarihi 1239'dur. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 3b–10a varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 15 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 215×155–135×90 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı bez kaplı, vişne rengindeki kâğıt ile kaplanmış mukavva bir cilt arasında muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, giriş bölümünde klasik kaynaklar uslûlünce önce besmele, sonra hamdele ve daha sonra salvele ile başlandığı; ardından Karabaş Tecvidi'nin müellifi Abdurrahman Karabâşî (ö. 904/1498)'ye yönelik dua ve methiyelere yer verildiği görülmektedir. Bu bölümün devamında tecvîd ilminin önemi ve bu ilme dair temel usuller üzerinde durulmakta; müellif, konuyu geniş bir çerçevede ele almaktadır. Eserin yaklaşık vr. 6b varak ortalarından itibaren ise doğrudan tecvid konularına geçildiği anlaşılmaktadır. Metnin son kısmında, med mertebeleri ve bu konuya ilişkin farklı görüşler ele alınarak risâle tamamlanmaktadır. Bu yönüyle eser, hem teorik çerçeveyi hem de uygulamaya yönelik tecvid meselelerini bir arada sunan sistematik bir çalışma niteliği taşımaktadır.[50]

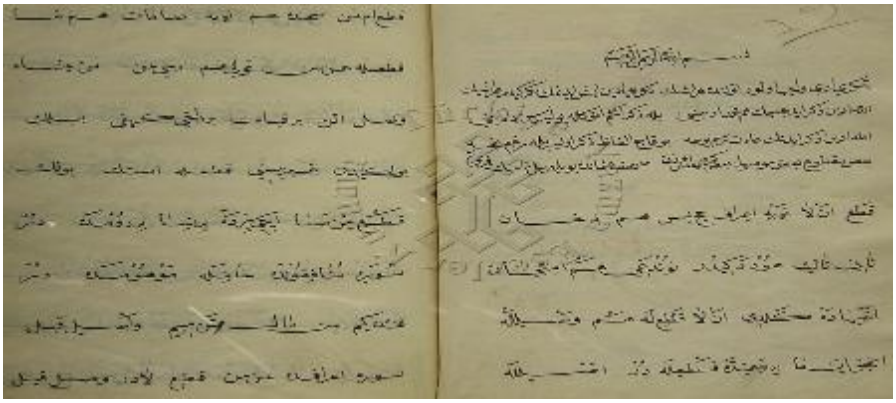
Resim 19: *Şerh-i Tecvîd-i Karabaş* İsimli Eserin İlk Sayfası

[49] *Risâle fi'l-İdğâm fi'l-Kırâ'e* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (127969), 42b-44b).
[50] *Şerh-i Tecvîd-i Karabaş* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (128787), 3b-10a).

2.2.6. Risâle fî Beyâni'l-Vasl ve'l-Kat'

297.169 tasnif numarası, 220/2 koleksiyon numarası ve 123971 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 79b–83a varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 8 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 200×140–160×100 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah meşin, kapakları kahverengi meşin kaplı bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, kırâat ilmine dair vasl ve kat' konularının manzum bir üslupla ele alındığı görülmektedir. Metnin giriş kısmında besmele ile başlanmış, ardından Allah'a hamd ve şükür ifadelerine yer verilmiştir. Bu girişin devamında, manzume kısmına geçilmeden önce Kur'ân-ı Kerîm'in yazımında esas alınan kaidelerin Hz. Osman mushafına dayandığına dair bir açıklama yapılmıştır. Müteakiben, vasl ve kat' meseleleri şiirsel bir anlatım tarzıyla sunularak risâle tamamlanmıştır. Bu yönüyle eser, kırâat ilminin belirli bir konusunu didaktik bir manzume formunda ele alan öğretici bir metin niteliği taşımaktadır.[51]

Resim 20: *Risâle fî Beyâni'l-Vasl ve'l-Kat'* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.2.7. Risâle fî Resmi Hatti'l-Kur'ân

297.1691 tasnif numarası, 23291/6 koleksiyon numarası ve 123969 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 89b–112b varakları arasında bulunmakta olup, metin içerisinde yer yer dua metinlerinin de yer aldığı görülmektedir. Eserin ölçüleri 180×120–115×80 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah bez kaplı, üzeri desen içeren kâğıt ile kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, Kur'ân-ı Kerîm'in imlâsına dair bilgiler ihtiva ettiği anlaşılmaktadır. Giriş kısmında, özellikle "rahmet" ve "nimet" kelimelerinin sonundaki "t" harfinin yazımına ilişkin kaideler ele alınmakta ve bu husus çeşitli sûrelerden verilen örneklerle açıklanmaktadır. Yazma eser veri tabanındaki katalog fişi ile yapılan inceleme birlikte değerlendirildiğinde, metin içerisinde konu bütünlüğüyle doğrudan ilişkili olmayan dua metinlerinin yer yer esere dâhil edildiği tespit edilmiştir. Eserin son bölümlerinde ise Resm-i Osmânî'nin temel özellikleri ele alınmakta ve konuya dair ulemanın farklı görüşlerine yer verilmektedir. Bu yönüyle eser, Kur'ân yazımına ilişkin kaideleri teorik ve örneklemeli bir şekilde sunan öğretici bir metin niteliği taşımaktadır.[52]

[51] *Risâle fî Beyâni'l-Vasl ve'l-Kat'* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123971), 79b-83a).
[52] *Risâle fî Resmi Hatti'l-Kur'ân* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123969), 89b-112b).

Resim 21: *Risâle fî Resmi Hatti'l-Kur'ân* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.8. Risâle fî't-Tecvîd

297.1 tasnif numarası, 1047/13 koleksiyon numarası ve 123875 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, ta'lîk hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 151b–158b varakları arasında tespit edilmiş olup her sayfada 25 satır bulunmaktadır. Eserin ölçüleri 190×140–165×85 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise mıklepli, salbek şemseli, kahverengi meşin kaplı mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, giriş kısmında klasik telif usûlü ile uyumlu bir şekilde öncelikle besmele, sonrasında hamdele ve daha sonra salvele ile başlandığı görülmektedir. Bu bölümün devamında müellif, eserin Kur'ân-ı Kerîm'i aslına uygun şekilde okumayı arzulayanlar için tecvîd ilminin temel kaidelerini bir araya getirme amacıyla kaleme alındığını ifade etmektedir. Müteakiben, söz konusu temel konuların kırmızı mürekkeple "fasıl" başlıkları altında sistematik bir biçimde sıralandığı anlaşılmaktadır. Bu yönüyle eser, tecvid ilminin ana meselelerini düzenli bir tertip içerisinde sunan öğretici bir risâle niteliği taşımaktadır.[53]

Resim 22: *Risâle fi't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.9. Risâle fî't-Tecvîd

297.1 tasnif numarası, 3687/17 koleksiyon numarası ve 123853 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, harekeli nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, katalog kayıtlarına göre vr. 124a–136a varakları arasında yer almakta olup genel itibarıyla her sayfada 21 satır bulunmaktadır; ancak ilk ve son sayfalarda satır sayısının değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Eserin ölçüleri 205×140–

[53] *Risâle fi't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123875), 151b-158b).

140×80 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise çeharkûşe siyah meşin kaplı, üzeri ebru kâğıt ile kaplanmış mukavva ciltte muhafaza edilmektedir. [54] Muhteva bakımından değerlendirildiğinde eser, klasik tecvid risâleleri kapsamında yer almakta olup giriş kısmında besmele, hamdele ve salvele ile başlamaktadır. Bu kısmı müteakiben, tecvîd ilminin temel kaideleri kısa ve öz bir üslupla, yer yer örneklerle birlikte ele alınmaktadır. Metnin son bölümünde ise bir dua metnine yer verilerek eser tamamlanmaktadır. Bu yönüyle eser, tecvid ilminin esaslarını öğretmeye yönelik muhtasar ve didaktik bir risâle niteliği taşımaktadır. [55]

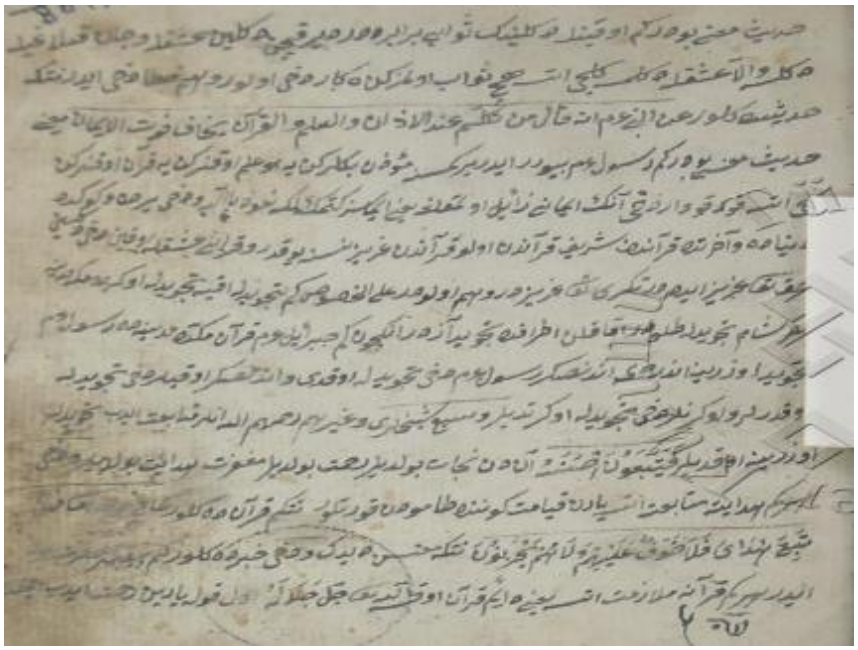
Resim 23: *Risâle fî't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.10. Risâle fî't-Tecvîd

297.1 tasnif numarası, 8011 koleksiyon numarası ve 123872 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, ta'lîk hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, toplam 38 varaktan oluşmakta olup her sayfada 14 satır bulunmaktadır. Katalog kayıtlarında tek bir risâle olarak yer alan eserin ölçüleri 190×150–160×125 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah pandizot kaplı, vişne rengi mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, genel olarak Kur'ân-ı Kerîm'in doğru okunma usulleri ve tilâvetin faziletlerine dair bilgilerin ele alındığı görülmektedir. Giriş kısmında tecvid ilminin önemi vurgulanmakta; ardından Kur'ân tilâvetine ilişkin hadis-i şeriflere yer verilerek konunun dinî dayanakları ortaya konulmaktadır. Bu yönüyle eser, hem tecvid ilminin teorik esaslarını hem de Kur'ân okumanın faziletine dair rivayetleri bir araya getiren öğretici bir risâle niteliği taşımaktadır.[56]

[54] Bu eserin orijinal nüshasında vr.119b – vr.121a sayfalarında yer aldığı görülmektedir.
[55] *Risâle fî't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123853), 119b-121a).
[56] *Risâle fî't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123872), 1a-38b).

Resim 24: *Risâle fi't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.2.11. Risâle fi't-Tecvîd

297.1 tasnif numarası, 3701/2 koleksiyon numarası ve 123863 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu mahtût eser, harekeli nesih hatla yazılmıştır. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmuada bulunan iki risâleden biri olup vr. 7b–9a varakları arasında yer alıp her sayfa 15 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 185×115–135×70 mm'dir ve herhangi bir cilt içerisinde olmayıp ciltsiz olarak muhafaza edilmektedir. Muhteva bakımından incelendiğinde, eserde tecvid ilmine dair temel bilgilerin oldukça muhtasar bir şekilde aktarıldığı görülmektedir. Metnin son kısmında hurûf-ı isti'lâ, sekte ve idğâm-ı misleyn gibi konulara kısaca temas edilmiştir. Ayrıca son sayfada yer alan "sahibi Molla İsmail" ibaresi, eserin mülkiyetine işaret eden bir temellük kaydı olarak değerlendirilmektedir. Bu yönüyle eser, kısa ve özlü anlatımıyla temel tecvid konularını ihtiva eden küçük hacimli bir risâle niteliği taşımaktadır.[57]

Resim 25: *Risâle fi't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

[57] *Risâle fi't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123863), 7b-9a).

2.2.12. Risâle-i Kavâid-i Kur'ân

297.1 tasnif numarası, 216/2 koleksiyon numarası[58] ve 123203 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Katalog kayıtlarına göre istinsah tarihi 1144 olarak belirtilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 6b–15b varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 15 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 200×145–140×70 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah meşin, üzeri kırmızı renkte kâğıt ile kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Muhteva bakımından incelendiğinde, eserin Kur'ân-ı Kerîm tilâvetine dair kural ve kaideleri ele aldığı görülmektedir. Giriş kısmında besmele ile başlanmış; akabinde müellif, ele alacağı tecvîd konularını "fasıl" başlıkları altında sistematik bir şekilde numaralandırmıştır. Söz konusu konular, yer yer örneklerle desteklenerek açıklanmış olup bu yönüyle eser, tecvid ilminin temel esaslarını öğretmeye yönelik düzenli ve didaktik bir risâle niteliği taşımaktadır.[59]

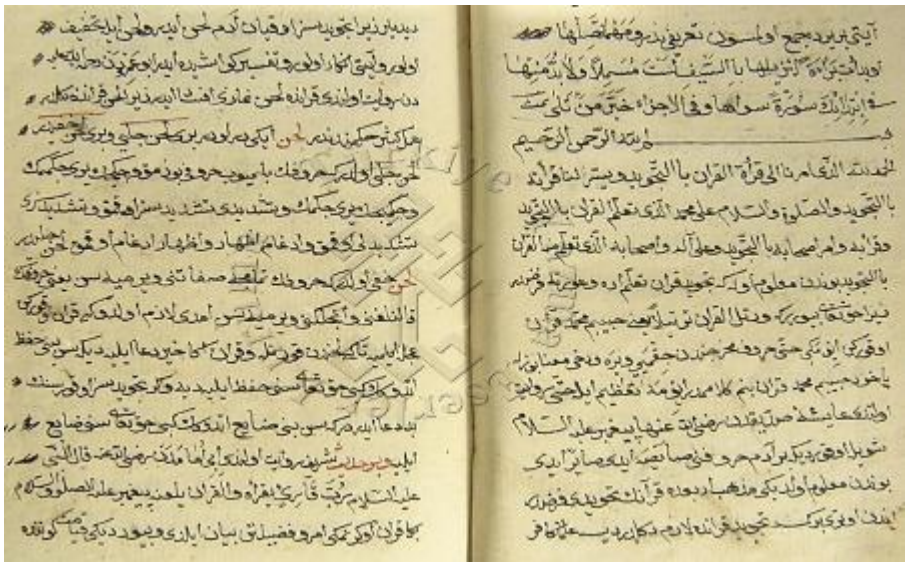
Resim 26: *Risâle-i Kavâid-i Kur'ân* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.13. Risâle fi't-Tecvîd

297.1 tasnif numarası, 216/4 koleksiyon numarası ve 123877 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, nesih kırması hatla istinsah edilmiştir. Katalog kayıtlarına göre istinsah tarihi 1139'dur. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 22b–27b varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 15 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 200×145–140×90 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah meşin, üzeri kırmızı renkte kâğıt ile kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, Kur'ân-ı Kerîm'in tecvid kaidelerine uygun olarak okunmasının gerekliliği üzerinde durulduğu görülmektedir. Bu bağlamda, tecvid ilminin önemi ayet ve hadislerle temellendirilerek açıklanmış; söz konusu ilmin dinî dayanakları ortaya konulmuştur. Metnin son kısmında yeralan "Ahmed b. İsmail" ibaresi ise, nüshanın müstensihine ait bir kayıt olarak değerlendirilmektedir. Bu yönüyle eser, tecvid ilminin önemini delilleriyle birlikte ele alan öğretici bir risâle niteliği taşımaktadır.[60]

[58] Eser katalog kayıtlarına göre 216/2 koleksiyon numarası ile yazılsa da, nüshada yazan koleksiyon numarasının 216/4 olduğu görülmektedir.
[59] *Risâle-i Kavâid-i Kur'ân* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123203), 6b-15b).
[60] *Risâle fi't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123877), 22b-27b).

Resim 27: *Risâle fî't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.2.14. Risâle-i Beyân-i Sıfât-ı Hurûf

297.1 tasnif numarası, 3684/5 koleksiyon numarası ve 124184 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 15b–16a varakları arasında bulunmakta olup toplam iki sayfadan oluşmaktadır. İlk sayfa 26 satır, ikinci sayfa ise 15 satırdan müteşekkildir. Eserin ölçüleri 215×155–160×85 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından sırtı bez kaplı, kapakları sarı renkte kâğıt ile kaplanmış mukavva bir cilt arasında muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, Kur'ân-ı Kerîm harflerinin sıfatlarının ele alındığı görülmektedir. İlk sayfada sıfatlar, zıddı bulunanlar ve zıddı bulunmayanlar şeklinde iki ana başlık altında tasnif edilmiştir. Devamında, ikinci sayfada kalkale, inhiraf, tekrîr, tefeşşî ve istitâle gibi sıfatların hem lügat hem de ıstılah anlamları açıklanmakta; ayrıca bu sıfatların hangi harflere ait olduğu belirtilmektedir. Bu yönüyle eser, harflerin sıfatlarına dair temel bilgileri sistematik bir biçimde sunan muhtasar bir risâle niteliği taşımaktadır.[61]

Resim 28: *Risâle-i Beyân-i Sıfât-ı Hurûf* İsimli Eserin İlk Sayfası

[61] *Risâle-i Beyân-i Sıfât-ı Hurûf* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (124184), 15b-16a).

2.2.15. Takrîr-i Cezerî

297.1 tasnif numarası, 213/2 koleksiyon numarası ve 123450 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu mahtût eser, nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, katalog kayıtlarına göre vr. 8b–11b varakları içerisinde olduğu görülmektedir. Her sayfa 21 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 205×155–165×105 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı siyah meşin, üzeri mavi renkli kâğıt kaplı bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir.[62] Eserin muhtevası incelendiğinde, mehâric-i hurûf ve sıfât-ı hurûf mevzularının tafsilatlı bir biçimde işlendiği görülmektedir. Giriş kısmında müellif, eserin kaleme alınma amacını, İbnü'l-Cezerî (ö. 833/1429)'nin *Mukaddime* adlı eserinde yeterince açıklığa kavuşturulmadığını düşündüğü bazı hususları izah etmek olarak ifade etmektedir. Bu durum, eserin klasik tecvid literatürüyle doğrudan bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Metnin ilerleyen bölümlerinde, "sünnet" ve "rahmet" gibi kelimelerin son harflerindeki "te"nin yazım şekilleri, Resm-i Osmânî çerçevesinde çeşitli sûrelerden verilen örneklerle ele alınmaktadır. Eserin son kısmında ise harflerin mahreçlerine dair şematik bir gösterime yer verilmiş; Kur'ân talebesinin harfleri telaffuz ederken ağız, dil, boğaz ve dudak gibi konuşma organlarını nasıl kullanması gerektiği görsel olarak açıklanmıştır. Bu yönüyle eser, hem teorik açıklamaları hem de görsel destekli anlatımıyla dikkat çeken öğretici bir çalışma niteliği taşımaktadır. [63]

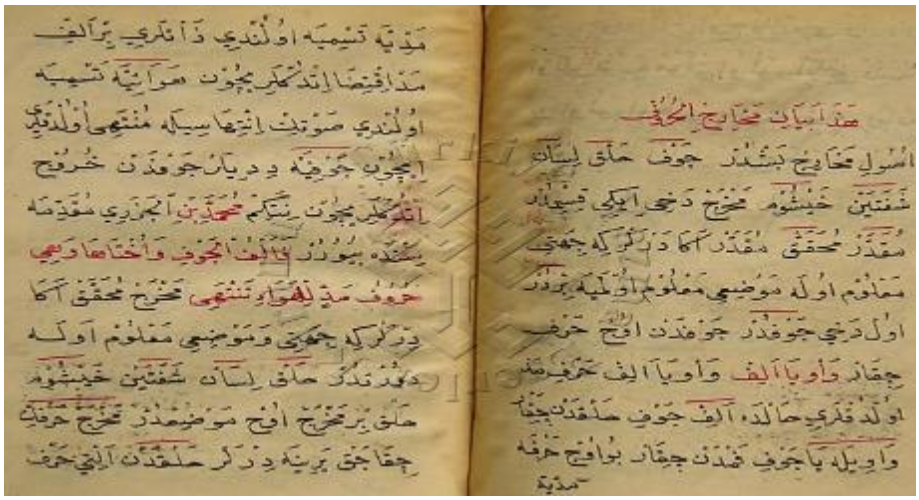
Resim 29: *Takrîr-i Cezerî* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.16. Risâle-i Beyân-i Mehâric-i Hurûf

297.18 tasnif numarası, 1507/7 koleksiyon numarası ve 123975 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu yazma eser, harekeli olarak ve nesih yazı türü ile istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 118b–123b varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 11 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 206×153–150×90 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı meşin, üzeri mavi renkli kâğıt kaplı bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, isminden de anlaşılacağı üzere harflerin mahreçlerine odaklandığı görülmektedir. Giriş kısmında herhangi bir uzun mukaddimeye yer verilmeden doğrudan konuya geçilmekte ve harflerin çıkış yerlerinin beş ana başlık altında ele alındığı ifade edilmektedir. Metnin devamında, İbnü'l-Cezerî (ö. 833/1429)'nin *Mukaddime* adlı eserindeki beyitlere atıfta bulunularak mehâric-i hurûf konusu açıklanmaktadır. Bu yönüyle eser, klasik tecvid literatürüne dayanan ve belirli bir konuyu özlü biçimde ele alan öğretici bir risâle niteliği taşımaktadır.[64]

[62] Eserin ait olduğu mecmuadaki varak numaralandırmasından bağımsız olarak, orjinal nüshasındaki varak numaralandırmasına göre vr.187b – vr.194a sayfaları arasında olduğu görülmektedir.
[63] *Takrîr-i Cezerî* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123450), 187b-194a).
[64] *Risâle-i Beyân-i Mehâric-i Hurûf* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123975), 118b-123b).

Resim 30: *Risâle-i Beyân-i Mehâric-i Hurûf* İsimli Eserin İlk Sayfası



2.2.17. Ri‘âyetü’t-Tecvîd

3687/12 koleksiyon numarası ve 123897 bibliyografik kayıt numarasıyla[65] kayıtlı olan bu yazma eser, harekeli olarak ve nesih yazı türü ile kaleme alınmıştır. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 73a–90a varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 11 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 205×140–150×90 mm’dir. Cilt özellikleri bakımından ise çeharkûşe siyah meşin kaplı, üzeri ebru kâğıt ile kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Ayrıca metin içerisinde söz başlarının kırmızı mürekkeple yazıldığı tespit edilmiştir. Eserin muhtevası incelendiğinde, öncelikle Kur’ân-ı Kerîm tilâvetinin ve tecvid ilminin önemine çok geniş ve tafsilatlı biçimde yer ayırıldığı görülmektedir. Bu bağlamda, tecvid ilminin gerekliliği ve fazileti üzerinde durulmuş; akabinde “tecvid” kavramının sözlük ve terim anlamları açıklanmıştır. Terim olarak tecvidin, harflerin mahreç ve sıfatlarına riayet edilerek haklarının verilmesi suretiyle doğru bir okuma gerçekleştirilmesi anlamına geldiği ifade edilmiştir. Metnin devamında ise tecvid ilminin temel kaideleri sistematik bir şekilde ele alınmıştır. Bu yönüyle eser, hem teorik çerçeveyi hem de uygulamaya yönelik temel bilgileri içeren öğretici bir risâle niteliği taşımaktadır.[66]

Resim 31: *Ri‘âyetü’t-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

[65] Orijinal nüshada koleksiyon numarası 3687/11 olarak geçmektedir.
[66] *Ri‘âyetü’t-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123897), 73a-90a).

2.2.18. Risâle-i Mahrec-i Tecvîd

297.189 tasnif numarası, 3697/1 koleksiyon numarası ve 123467 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, harekeli bir biçimde ve nesih yazı türü ile istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 1b–5b varakları arasında bulunmakta olup genel itibarıyla her sayfada 10 satırdan oluşmaktadır; ancak ilk ve son sayfalarda satır sayısının farklılık gösterdiği görülmektedir. Eserin ölçüleri 195×140–135×60 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı kısmında siyah renkte meşin kaplamalı mukavva bir cilt içerisinde muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, giriş bölümünde kadîm telif usûlü ile uyumlu önce besmele, sonra hamdele ve daha sonra salvele ile başlandığı görülmektedir. Bu bölümün ardından ihfâ, izhâr ve nûn-ı sâkin gibi tecvid ilminin temel konularından bazıları ele alınmış; diğer konuların ise metnin devamında işlendiği anlaşılmaktadır. Ayrıca sayfa başlarında yer alan ve "derkenar" olarak adlandırılan kısa açıklama notlarında, fıkhî hükümlere dair bilgilere yer verildiği tespit edilmiştir. Bu yönüyle eser, tecvid ilmine dair temel meseleleri ele alırken, kenar notlarıyla farklı disiplinlere ait bilgileri de ihtiva eden çok yönlü bir risâle niteliği taşımaktadır.[67]

Resim 32: *Risâle-i Mahrec-i Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

2.2.19. Kitâbü't-Tecvîd

546/8 koleksiyon numarası ve 123851 bibliyografik kayıt numarası ile kaydedilen bu eser, kırma nesih hatla istinsah edilmiştir. Nüsha, içerisinde yer aldığı mecmua kapsamında vr. 67b–69b varakları arasında bulunmakta olup her sayfada 17 satırdan oluşmaktadır. Eserin ölçüleri 225×166–175×135 mm'dir. Cilt özellikleri bakımından ise sırtı sarı bez kaplı, üzeri desenli kâğıtla kaplanmış mukavva bir ciltte muhafaza edilmektedir. Eserin muhtevası incelendiğinde, başlangıç kısmında kalın ve ince harfler (tefhîm ve terkîk), tenvîn ve nûn-ı sâkin ile idğâm-ı me'a'l-ğunne harflerine dair açıklamalara yer verildiği görülmektedir. Metin, tecvid ilminin temel konularını muhtasar bir üslupla ele almakta ve öğretici bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca eserde kenar notlarının (derkenar) bulunduğu ve bu notların metni tamamlayıcı mahiyette bilgiler içerdiği tespit edilmiştir. Bu yönüyle eser, hem ana metni hem de kenar açıklamalarıyla birlikte tecvid konularını ele alan kısa hacimli bir risâle niteliği taşımaktadır.[68]

[67] *Risâle-i Mahrec-ı Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123467), 1b-5b).
[68] *Kitâbü't-Tecvîd* (Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123851), 67b-69b).

Resim 33: *Kitâbü't-Tecvîd* İsimli Eserin İlk Sayfası

Sonuç

Bu araştırmada, Çorum Hasan Paşa Yazma Eserler Kütüphanesi'nde muhafaza edilen ve kırâat ile tecvid ilimlerine dair Osmanlı Türkçesiyle kaleme alınmış yazma eserler, katalog kayıtları esas alınarak sistematik bir analiz paradigmasında ele alınmıştır. Tespit edilen veriler, söz konusu kütüphanenin Kur'ân ilimleri sahasında zengin bir yazma eser birikimine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle tecvid ve kırâat alanına dair risâlelerin sayısal ve içeriksel çeşitliliği, bu disiplinlerin Osmanlı ilim dünyasında ne derece yaygın ve canlı bir şekilde öğretildiğini göstermektedir.

Katalog kayıtları dikkate alındığında Osmanlı Türkçesi ile yazılan kırâat ve tecvid yazmalarının sayısı 49 olarak görülse de, yapılan incelemede kırâat ve tecvîd ilimleri bölümü içerisinde bulunan, fakat alan dışı farklı eserler tespit edilmiş olup, bu yazma eser sayısının 37 eserden ibaret olduğu tespit edilmiştir. İncelenen eserlerin önemli bir kısmının muhtasar risâleler şeklinde kaleme alınmış olması dikkat çekicidir. Bu durum, tecvid ilminin sadece teorik bir disiplin şeklinde algılanmasından ziyâde, aynı zamanda pratik öğretim süreçlerine yönelik çok fonksiyonlu ve işlevsel bir ilim dalı olduğu düşüncesiyle üzerinde çalışmalar yapıldığını göstermektedir. Mehâric-i hurûf, sıfât-ı hurûf, idğâm, ihfâ, izhâr, medler, vasl ve kat' gibi temel konuların farklı eserlerde çeşitli tertip ve yöntemlerle işlendiği görülmektedir. Bazı eserlerde konuların klasik sistematiğe bağlı kalınarak düzenli başlıklar hâlinde sunulduğu, bazılarında ise müellifin pedagojik tercihleri doğrultusunda daha serbest bir anlatım benimsendiği tespit edilmiştir. Bu çeşitlilik, tecvid öğretiminde tek tip bir yöntem yerine farklı yaklaşımların benimsendiğini göstermesi bakımından önemlidir.

Öte yandan bazı eserlerin manzum olarak kaleme alınmış olması, tecvid ilminin öğretiminde ezber ve hafıza tekniklerine verilen önemi ortaya koymaktadır. Manzum metinler aracılığıyla bilgilerin daha kalıcı hâle getirilmesi hedeflenmiş, bu da dönemin eğitim anlayışına dair önemli ipuçları sunmuştur. Bunun yanı sıra, kimi eserlerde Resm-i Osmânî, Kur'ân imlâsı, vakf ve ibtidâ gibi konulara da yer verilmesi, kırâat ve tecvid ilimlerinin birbirini tamamlayan geniş bir çerçevede ele alındığını göstermektedir.

Eserlerin fiziksel özellikleri incelendiğinde, nesih, ta'lîk, nesta'lîk ve kırma nesih gibi farklı yazı türlerinin kullanıldığı; cilt özellikleri bakımından ise meşin, bez ve mukavva kaplı çeşitli ciltlerin tercih edildiği görülmektedir. Söz başlarının kırmızı mürekkeple yazılması, cetvellerin renklendirilmesi, derkenar notlarının bulunması ve bazı nüshalarda şematik çizimlere yer verilmesi, bu eserlerin sadece metin aktaran araçlar olmadığını, aynı zamanda görsel ve pedagojik unsurlarla desteklenen eğitim materyalleri olduğunu göstermektedir. Ayrıca temellük kayıtları, müstensih bilgileri ve istinsah tarihleri gibi unsurlar, eserlerin dolaşımını, kullanım alanlarını ve tarihsel süreç içerisindeki serüvenini anlamak açısından büyük önem arz etmektedir.

Müellifler açısından bakıldığında, Saçaklızâde gibi tanınmış isimlerin yanı sıra, kimliği tam olarak tespit edilemeyen veya hakkında sınırlı bilgi bulunan müelliflerin de bu literatüre katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Bu durum, tecvid ilminin yalnızca büyük merkezlerde değil, farklı coğrafyalarda ve daha geniş bir âlimler çevresi tarafından sürdürüldüğünü göstermektedir. Ayrıca bazı katalog kayıtlarında müellif isnatlarına dair hataların bulunması, yazma eser çalışmalarında yalnızca katalog verilerine bağlı kalınmaması gerektiğini; metin içi veriler, üslup özellikleri ve karşılaştırmalı analizlerin de büyük önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Eserlerin muhteva ve biçim özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, bu yazmaların Kur'ân eğitiminde doğrudan kullanılan ders materyalleri olduğu anlaşılmaktadır. Muhtasar anlatımlar, örneklerle desteklenen açıklamalar, manzum ifadeler ve kenar notları, bu eserlerin öğretim sürecine yönelik pratik bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Bu bağlamda söz konusu yazmalar, yalnızca ilmî birer metin değil, aynı zamanda dönemin eğitim anlayışını yansıtan pedagojik belgeler olarak da değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, Çorum Hasan Paşa Yazma Eserler Kütüphanesi'nde bulunan kırâat ve tecvid yazmaları, hem içerik hem de fiziksel özellikleri bakımından son derece kıymetli bir ilmî mirası temsil etmektedir. Bu eserler, Kur'ân ilimlerinin tarihsel gelişimini, öğretim yöntemlerini ve ilmî sürekliliğini ortaya koyan birincil kaynaklar olarak büyük bir araştırma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle söz konusu yazmaların ayrıntılı kataloglanması ve tenkitli neşirlerinin yapılması, hem Kur'ân ilimleri sahasına hem de genel olarak İslâm düşünce tarihine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu tür çalışmaların artması, yazma eserlerin yalnızca korunmasını değil, aynı zamanda etkin bir şekilde kullanılmasını da mümkün kılacaktır.

Kaynakça

Abdullah Çakar. *Hakîmzâde Muhammed El-Bağdâdî'nin Risale-i Tecvîd İsimli Eseri İnceleme ve Transkripsiyon*. İstanbul: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Temel İslam Bilimleri Ana Bilim Dalı / Temel İslam Bilimleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2023. (Tez No: 817236). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Alfred Piku. *Osmanlı Döneminde Arnavut Asıllı Müelliflerin Kur'ân Ilimleri ve Tefsir Alanındaki Çalışmaları*. İstanbul: Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Temel İslam Bilimleri Ana Bilim Dalı / Temel İslam Bilimleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2020. (Tez No: 619349). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Ali b. Ahmed Aksarâyî. *Manzûme-i Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (124191), 9b-11a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/124191

Bilgin, Orhan. "Ferâğ Kaydı". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 12/354-356. İstanbul: TDV Yayınları, 1995.

Bilgin, Orhan. "Yazma". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 43/369-373. İstanbul: TDV Yayınları, 2013.

Duran, Gülnur. "Tezhip (Tezhip Sanatının Kullanım Alanları)". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 41/63-65. İstanbul: TDV Yayınları, 2012.

Ebü'l-Fazl Celâlüddîn Abdurrahmân b. Ebî Bekr b. Muhammed el-Hudayrî es-Süyûtî eş-Şâfiî (ö. 911/1505). *el-İtkân fî 'ulûmi'l-Kur'ân*. çev. Sâkıp Yıldız, Hüseyin Avni Çelik. 2 Cilt. İstanbul: Hikmet Neşriyat, 1987.

Erkoç, Ethem. *Beşiktaş Muhafızı Yedi Sekiz Hasan Paşa ve Bir Devrin Hikâyesi*. Çorum: Çorum Belediyesi Kültür Yayını, 2. baskı., 2015.

Gökdemir, Ahmet. *Osmanlı Tecvîd Risâleleri*. Ankara: Sonçağ Akademi, 2020. https://katalog.isam.org.tr/yordam/?p=1&alan=kunyeDemirbasKN_str&q=9786257714808

Güler, Mehmet. "Şeyh Sinân Efendi Nin Manzum Tecvîd Tercümesi". *Journal of International Social Research* 10/52 (25 Ekim 2017), 145-171. https://doi.org/10.17719/jisr.2017.1880

Halil b. Sâlih el-Akkirmânî. *Terceme-i Şerhu Mukaddimeti'l-Cezeriyye*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123979), 13b-45a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123979

İhsan Sabuncuoğlu. *Çorum Maarif Hayatı Hakkında Bazı Notlar*. Çorum: İl Basın Evi, 1945.

Kara, Kerim. "Karabaş Velî". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 24/369-371. İstanbul: TDV Yayınları, 2001.

Karabaş Veli, Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî. *Tecvîd-i Karabaş*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125459), 5b-16a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/125459

Karabaş Veli, Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî. *Tecvîd-i Karabaş*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125454), 1b-5a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/125454

Karabaş Veli, Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî. *Tecvîd-i Karabaş*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125447), 28b-63b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/125447

Karabaş Veli, Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî. *Tecvîd-i Karabaş*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125449), 119b-122a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/125449

Karabaş Veli, Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî. *Tecvîd-i Karabaş*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123980), 32b-38b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123980

Karabaş Veli, Alâ'eddin Ali b. Muhammed el-Kastamonî el-Atvel el-Halvetî. *Tecvîd-i Karabaş*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (125451), 1b-5b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/125451

Mahmûd b. Süleymân el-Pirizrenî. *Risâletü'l-Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123865), 73b-93b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123865

Mahmûd b. Süleymân el-Prizrenî. *Risâle fî't-Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123866), 1b-10a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123866

Mollaibrahimoğlu, Süleyman. *Yazma eserler terminolojisi*. İstanbul: Ensar Neşriyat, 1. basım, Nisan 2007., 2007.

Muhammed Bagdâdî. *Risâle fî't-Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123856), 9b-12b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123856

Mustafâ b. Alî. *Risâle-i Tecvîd-i Ehem*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123933), 1b-12b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123933

Mustafa Topcu. *Ahmed el-Karamânî ve Tefsir Yöntemi -Tevbe, Yûnus ve Hûd Sûreleri-*. Istanbul: Kitap Dünyası Yayınları, 2023.

Naci Önder. "Çorum Milli Kütüphanesinin Kuruluşuna Bir Bakış" (05 Aralık 1951).

Rukanci, Fatih. "Kültürel Mirasın Gelecek Kuşaklara Aktarılması ve Tanıtımında Yazma Eser Kütüphaneciliği". *Erdem* 0/74 (24 Haziran 2018), 99-113. https://doi.org/10.32704/erdem.450104

Saçaklızâde, Mehmed b. Ebû Bekir el-Mar'aşî el-Hanefî. *Risâle Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123666), 1b-4b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123666

Sinân. *Risâle-i Manzûme-i Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (124115), 116b-119b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/124115

Söylemez, M. Mahfuz. "Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi'nde Bulunan İslâm Tarihi İle İlgili Yazmalar". *Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 1/1 (Haziran 2002), 294-315.

Şa'bân Efendî. *Risâle-i Tecvîd*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123852), 11b-23a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123852

Şakir, Ziya. *Yarım Asır Evvel Bizi İdare Edenler*. 2 Cilt. İstanbul: Fuat Gücüyener Yayınevi, 1943.

Şeyh Ahmed Antalyavî. *İlm-i Kıra'ât*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123452), 10a-12b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123452

Temrüklü Ömer b. Mustafa. *Risâle fî Kavâ'idi Kırâ'eti'l-Kur'ân*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123199), 24b-46b, 24b-46b yk., 15 st. : https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123199

Tombuş, Nazmi. "Çorum Büyüklerinden: Beşiktaş Muhafızı Müşir Hacı Hasan Paşa". *Çorumlu Dergisi* 52 (1945), 9-16.

Veysî, Üveys b. Mehmed el-Alaşehrî el-Üskübî. *Risâletü'l-Kavâ'idi'l-Külliye fi'l-Kırâ'at*. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123902), 137a-142a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123902

en-Neml, 27/92., ts.

Kitâbü't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123851), 67b-69b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123851

Kur'ân-ı Kerîm ve Açıklamalı Meâli. Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı, 10. Baskı., 2012.

Ri'âyetü't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123897), 73a-90a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123897

Risâle fî Beyâni Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123854), 13a-17b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123854

Risâle fî Beyâni'l-Vasl ve'l-Kat'. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123971), 79b-83a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123971

Risâle fî Kavâ'idi Kırâ'ati'l-Kur'ân. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123197), 18b-53a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123197

Risâle fî Resmi Hatti'l-Kur'ân. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123969), 89b-112b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123969

Risâle fi'l-İdğâm fi'l-Kırâ'e. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (127969), 42b-44b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/127969

Risâle fi't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123875), 151b-158b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123875

Risâle fi't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123853), 119b-121a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123853

Risâle fi't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123872), 1a-38b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123872

Risâle fi't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123863), 7b-9a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123863

Risâle fi't-Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123877), 22b-27b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123877

Risâle-i Beyân-i Mehâric-i Hurûf. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123975), 118b-123b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123975

Risâle-i Beyân-i Sıfât-ı Hurûf. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (124184), 15b-16a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/124184

Risâle-i Kavâid-i Kur'ân. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123203), 6b-15b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123203

Risâle-i Mahrec-ı Tecvîd. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123467), 1b-5b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123467

Risâle-i Medd ve Mehâricü'l-Hurûf. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123878), 15b-65b. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123878

Şerh-i Tecvîd-i Karabaş. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (128787), 3b-10a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/128787

Takrîr-i Cezerî. Çorum Hasan Paşa Kütüphanesi, Hasan Paşa Yazma, (123450), 187b-194a. https://portal.yek.gov.tr/works/detail/123450

KUŞEYRÎ'NİN *ER-RİSÂLE* ESERİNDE KERAMET VE İRŞAD VASITASI OLARAK RÜYA[1]

Ferhat SAÇAK 1

1 Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temel İslam Bilimleri Bölümü, Bilecik, Türkiye.

1 ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2355-1978

Eyüp İNCE 2

2 Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, Temel İslam Bilimleri Bölümü, Bilecik, Türkiye.

2 ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0001-6194-2980

ÖZET

İnsanlık tarihi boyunca merak konusu olan rüya, tasavvuf düşüncesinde salt psikolojik veya fizyolojik bir uyuşukluk hali olmaktan ziyade, insanın içsel dünyasını yansıtan ontolojik bir iletişim aracıdır. Bu bildiri, tasavvuf literatürünün temel eserlerinden olan Abdulkerîm el-Kuşeyrî'nin (öl. 465/1072) *er-Risâle*'si ekseninde rüya olgusunu keramet ve irşad vasıtası olarak incelemektedir. Araştırma yöntemi olarak bu çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş olup; verilerin toplanması ve değerlendirilmesinde literatür taraması, metin tahlili (çözümleme) ve tümevarım teknikleri kullanılmıştır. Sadece *er-Risâle* ekseninde rüyanın mahiyeti, sâdık ve kâzib kısımları, rüya tabiri ve rüyanın pratik hayata tesiri analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda edinilen bulgular, Kuşeyrî'nin rüyayı, kalpte yaratılan manaların hayal gücüne yansıması ve ilahî bir lütuf olan keramet olarak konumlandırdığı tespit edilmiştir. O, rüyanın doğruluk derecesini sâlikin ahlaki arınmışlığı ve kalbî safiyeti ile doğrudan ilişkilendirir. Sûfî terbiyesinin merkezinde yer alan murakabe ve muhasebe pratikleri neticesinde görülen sâdık rüyalar, kişinin uyanıkken gösterdiği sadakatin uykudaki aynası hükmündedir. Öte yandan kâzib rüyalar bütünüyle değersiz görülmemiş; nefsin zafiyetlerini ve iç dünyadaki karmaşayı gösteren pedagojik bir uyarıcı olarak değerlendirilmiştir. Kuşeyrî'nin kendi oğlunun hastalığında Hz. Peygamber'den rüyada aldığı tavsiyeyle amel edip çocuğunun şifa bulması örneğinde görüldüğü üzere, rüyalar sûfînin gündelik hayatına yön veren, onu yanlışlarından döndüren dinamik bir irşad vasıtasıdır. Ayrıca rüya tabirinin zihinsel bir ilimden ziyade, kalbi safiyete ulaşmış kimselere has manevi bir sezgi olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak Kuşeyrî'nin düşünce sisteminde rüya; kalbi masivadan arınmış kimselere bahşedilen ilahî bir keramet, nefsin yönelimlerini teşhis eden bir ayna ve hakikate ulaştıran pratik bir rehberdir.

Anahtar Kelimeler: Tasavvuf, Kuşeyrî, er-Risâle, Rüya, İrşad.

DREAM AS A MEANS OF KARĀMAH AND IRSHĀD İN AL-QUSHAYRĪ'S *AL-RİSĀLA*

ABSTRACT

Dreams, which have remained a subject of curiosity throughout human history, are regarded in Sufi thought not merely as a psychological or physiological state of sleep, but rather as an ontological means of communication reflecting the inner world of the human being. This paper examines the phenomenon of dreams as a medium of karāmah (spiritual grace) and irshād (spiritual guidance) within the framework

[1] Bu bildiri, Dr. Öğr. Üyesi Eyüp İNCE danışmanlığında Ferhat SAÇAK tarafından hazırlanmakta olan ve henüz savunulmamış bulunan "Tasavvuf Klasiklerinde Rüya Olgusu: er-Risâle, İhyâ ve Fusûs Bağlamında Bir İnceleme" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

of *er-Risāla* of Abdulkerîm el-Kuşeyrî. As a research method, the study adopts a qualitative approach; literature review, textual analysis, and inductive reasoning techniques were employed in the collection and evaluation of data. Focusing solely on *er-Risāla*, the study analyzes the nature of dreams, their classifications as truthful (*ṣādiq*) and false (*kādhib*), dream interpretation, and the influence of dreams on practical life. The findings of the research reveal that Kuşeyrî positions dreams as reflections of meanings created within the heart upon the faculty of imagination and as a form of divine grace manifested through karāmah. He directly associates the degree of truthfulness in dreams with the moral purification and spiritual purity of the seeker (*sālik*). Truthful dreams experienced through the practices of vigilance (*murāqaba*) and self-accounting (*muḥāsaba*), which stand at the center of Sufi training, are considered reflections in sleep of the sincerity demonstrated by the individual while awake. On the other hand, false dreams are not regarded as entirely meaningless; rather, they are interpreted as pedagogical warnings revealing the weaknesses of the lower self and the inner confusion of the individual. As illustrated in the example where Kuşeyrî acted upon the advice he received from the Prophet Muḥammad in a dream concerning his son's illness and subsequently witnessed his recovery, dreams function as a dynamic means of spiritual guidance directing the daily life of the Sufi and steering him away from error. Furthermore, dream interpretation is understood not as a purely intellectual discipline, but as a spiritual intuition particular to those who have attained purity of heart. Consequently, within Kuşeyrî's system of thought, dreams are conceived as a divine grace bestowed upon those whose hearts are purified from worldly attachments, as a mirror diagnosing the inclinations of the lower self, and as a practical guide leading one toward truth.

Keywords: Sufism, Qushayrī, *er-Risāla*, Dream, *Irshād*.

GİRİŞ

İnsanoğlu hayatının takriben üçte birini uyku ile geçirmekte ve bu zaman diliminde rüya denilen olguyu tecrübe etmektedir. İnsanlık tarihi boyunca merak konusu olan, felsefe, psikoloji ve din bilimleri gibi pek çok farklı disiplin tarafından ele alınan rüya, İslam tasavvuf geleneğinde salt psikolojik veya fizyolojik bir uyuşukluk hâli olmaktan ziyade, insanın içsel dünyasını yansıtan ontolojik ve sembolik bir iletişim aracı olarak değerlendirilmiştir. İlk insandan günümüze kadar gizemini koruyan rüya mefhumu, sûfîler nezdinde insan ruhunun metafizik âlemlerle kurduğu bir irtibat ve meşru bir bilgi kaynağı olarak kabul edilmiştir. (Evginer, 2010, 7; Küçük, 2014, 32; Ovacık, 2019, 32).

Tasavvuf ilminin sistemleşmeye başladığı hicri III. ve IV. asırlardan itibaren kaleme alınan klasik eserlerde rüya konusu geniş bir yer tutmuştur. Bu eserlerin en önemlilerinden biri, Abdulkerîm el-Kuşeyrî'nin (öl. 465/1072) *er-Risâle* adlı kıymetli çalışmasıdır. Kendi döneminde tasavvufu suistimal edenlere karşı şeriat ve hakikat dengesini korumak amacıyla kaleme alınan bu eser, rüya olgusuna da ahlaki ve ameli bir perspektiften yaklaşmaktadır. Sûfî düşünce sisteminde rüya, mürşid-mürid ilişkisinde sâlikin seyr u sülûk durumunun tespiti ve irşad faaliyetinin yönlendirilmesi bakımından temel bilgi kaynaklarından biridir. (Kuşeyrî, 1981, 96)

Bu bildirinin amacı, tasavvuf literatürünün başyapıtlarından olan *er-Risâle* merkeze alınarak, Kuşeyrî'nin düşünce sisteminde rüyanın manevi bir keramet ve irşad vasıtası olarak nasıl konumlandırıldığını akademik bir zeminde tahlil etmektir. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden metin tahlili ve tümevarım teknikleri kullanılmış olup, Kuşeyrî'nin rüya tanımı, sâdık ve kâzib rüya ayrımı, rüyanın pratik hayata ve tasavvufi eğitime etkileri derinlemesine incelenmiştir.

1- Kur'an-ı Kerim ve Hadislerde Yol Gösterici Olarak Rüya

Kur'ân-ı Kerîm tefsir uzmanları ile İslâm düşünürleri, rüya olgusunu, Allah'ın uyku hâlinde insan ruhunu kabz etmesiyle ilişkilendirmektedir. Nitekim Zümer Sûresin'de ölüm anında ruhların tamamen, uyku esnasında ise kısmen alındığı, haklarında ölüm kararı verilenlerin ruhlarının tutulduğu, diğerlerinin ise belirlenmiş bir süreye kadar iade edildiği ifade edilmektedir. (Kur'an-ı Kerim, Zümer 39:42). Bu âyetten hareketle İslâm âlimlerinin ekseriyeti, rüyayı, ruhun uyku sırasında geçici olarak bedenden ayrılması ve ardından geri dönmesi sürecinde zuhur eden, aklî idrak sınırlarını aşan metafizik bir olgu

olarak tanımlamıştır. Tasavvuf geleneğinde ise rüya, görene ve tecrübe edilen vakaya bağlı olarak değişen değerde, gaybî bilgiye erişim imkânı sunan ilahi bir iletişim vasıtası olarak kabul edilmiştir. (Sarı, 2016, 31.

Kur'an-ı Kerim'de rüya konusu irdelendiğinde, sadece peygamberlerin değil, sıradan bireylerin de gelecekle ilgili haberler veren rüyalar gördüğü anlaşılmaktadır. Kur'an'da uykuda görülen imgeleri ifade etmek üzere "rü'yâ" kelimesi yedi kez geçmektedir. (el-İsfehani, 2010, 453; Kılıç, 2020, 41.) Bunun yanı sıra, kötü rüyaları ifade eden "hulm" (çoğulu ahlâm) kelimesi üç kez, karmaşık ve mahiyeti belirsiz rüyalar için "adgâsu ahlâm" tamlaması ve "uykumda" anlamında rüyayı karşılayan "menâm" kelimesi de ikişer defa kullanılmıştır. Vahyin ilk altı ayının rüya yoluyla geldiği göz önüne alındığında, rüya peygamberliğin kırk altı cüzünden biri olarak kabul edilmekte ve vahiy ile doğrudan bağlantılı görülmektedir. (el-İsfehani, 305; Kılıç, 41).

Kur'an-ı Kerim'de rüyanın ilahî bir mesaj işlevi gördüğüne dair çok sayıda örnek bulunmaktadır. Hz. Peygamber'e gösterilen ve İsrâ Sûresi'nde lanetlenmiş ağaç olarak anılan bitkinin insanlar için bir imtihan vesilesi kılınması bunlardan biridir. (el-İsrâ, 17:60) Sâdık rüyaların doğrudan vahiy hükmünde olduğuna ilişkin en güçlü delil ise Sâffât Sûresi'nde nakledilen Hz. İbrahim kıssasıdır. Hz. İbrahim, uykusunda oğlu Hz. İsmail'i kurban ettiğini görür ve durumu oğluna bildirdiğinde, Hz. İsmail hiçbir tereddüt göstermeksizin ilahî emrin ifasını talep eder. (es-Sâffât 37:102-106; Nurdoğan, 2019, 65-68) Bu teslimiyet, peygamber rüyalarının vahiy mahiyetini ve hakikatini teyit eden en açık kanıttır. Yunus Sûresi'nde müminler için dünya ve ahirette müjdeler (büşrâ) bulunduğunu bildiren ayet, âlimlerce müminin gördüğü sâlih rüya olarak yorumlanmıştır. (Yunus, 10:64; Müftüoğlu, 2018, 402.) Kezâ Fetih Sûresi'nde, Hz. Peygamber'in ashabıyla birlikte güven içinde Mekke'ye girip umre yaptığını gördüğü rüyanın bizzat Allah tarafından doğrulandığı ve harfiyen gerçekleştiği haber verilir. (el-Fetih, 48:27; Başaran, 2003, 39).

Rüya olgusunun en kapsamlı ve ayrıntılı şekilde işlendiği sûre ise Yûsuf Sûresi'dir. Hz. Yûsuf, rüyasında on bir yıldız, güneş ve ayın kendisine secde ettiğini görür ve bu rüyayı babası Hz. Ya'kub'a anlatır. Hz. Ya'kub, bu rüyanın ilahî bir seçkinliğe işaret ettiğini kavrar ve Yûsuf'u kardeşlerinin kıskançlığına karşı uyarır. Kardeşleri tarafından kuyuya atılıp Mısır'a köle olarak satılan ve ardından zindana düşen Hz. Yûsuf'un hayat hikâyesinde "rüya tabiri" ilmi merkezî bir konuma sahiptir. Zindanda iki arkadaşın gördüğü rüyaları biri için şarap sunuculuğu, diğeri için başındaki ekmekten kuşların yemesi– Allah'ın kendisine bahşettiği ilimle yorumlamış ve bu yorumlar aynen gerçekleşmiştir. Daha sonra Mısır hükümdarının gördüğü "yedi cılız ineğin yedi şişman ineği yemesi" rüyasını saray kâhinleri "adgâsu ahlâm" (karmaşık hayaller) diyerek çözemezken, Hz. Yûsuf bu rüyayı yedi yıl bolluk ve ardından yedi yıl kıtlık olarak isabetli biçimde yorumlamıştır. Bu yorum sayesinde zindandan çıkarak Mısır'a yönetici tayin edilen Hz. Yûsuf, yıllar sonra ailesine kavuştuğunda şöyle der: "Babacığım, işte bu, önceden gördüğüm rüyanın yorumudur; Rabbim onu gerçekleştirmiştir". Bu ifade, rüyanın ilahî bir lütuf ve kader planı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. (Yûsuf, 12: 4-6, 36-37, 41-49; Açıkalın, 1996, 73-82; Gülmez, 2025, 17-18) Kuşeyrî rüyayı Kur'an ekseninde ilahi bir keramet ve mesaj olarak konumlandırırken, (Kuşeyrî, 1981, 574) Kur'an-ı Kerim, rüyaların salt fizyolojik bir uyku durumundan ibaret olmadığını; ilahî vahyin bir parçası, geleceğin habercisi ve manevî hakikatlerin keşfedildiği bir alan olduğunu açık bir biçimde ortaya koymaktadır.

Hadis literatürü incelendiğinde ise rüyanın doğrudan vahiy ile bir bağı olduğu görülmektedir. Hz. Âişe'den nakledilen rivayetlere göre, Hz. Peygamber'in vahiy süreci öncesinde tecrübe ettiği ilk manevi haller, sabahın aydınlığı kadar berrak ve aynen gerçekleşen sâdık rüyalar şeklinde tezahür etmiştir. İbn İshak'ın aktarımları da vahyin başlangıcının uykuda müşahede edilen ilahi bildirimlerle gerçekleştiğini desteklemektedir. Rüyaya atfedilen bu yüksek değer, Hz. Muhammed'in sâdık rüyayı peygamberliğin kırk altı cüzünden biri olarak tanımlamasıyla zirveye ulaşır. (Müslim, Rüya, 6; Konpara, 1964, 69). Nübüvvet kurumunun Hz. Muhammed ile hitama ermesinin ardından, ilahi âlemle kurulan irtibatın tamamen kesilmediği hadislerle sabit kılınmıştır. Hz. Peygamber, kendisinden sonra peygamberliğin biteceğini ancak "mübeşşirât" adı verilen müjdeleyici sâlih rüyaların varlığını sürdüreceğini ashabına müjdelemiştir. (Buhârî, Tabir, 5)

Peygamber sünneti, rüyanın mahiyeti kadar rüya sonrasında izlenmesi gereken ameli tutumları ve edebi de bir sisteme bağlamıştır. Kişi uykusunda hoşuna giden rahmani bir rüya gördüğünde bunu Allah'ın bir

lütfu bilmeli ve yalnızca ilim ehli olan, hikmet sahibi veya güvendiği sevdiği kimselere anlatmalıdır. Zira rüyanın tabiri, muhatabın niyetine ve ilmine göre şekillenebilmektedir. Buna mukabil, kişiyi korkutan veya üzen şeytani bir rüya görüldüğünde ise bireyin bu durumu kimseyle paylaşmaması, sol tarafına üç kez hafifçe tükürerek şeytanın şerrinden Allah'a sığınması ve kalkıp namaz kılması tavsiye edilmiştir. (Yüksel, 131-132; Evginer, 126-130). Sonuç olarak hadisler bağlamında rüya, insanın sadece bilinçaltı yansımalarından ibaret değil, mübeşşirât kurumu vasıtasıyla ilahi rehberliğin, manevi uyarıların ve gaybî hakikatlerin müminlere ulaştığı dinamik bir eğitim aracı olarak konumlandırılmıştır.

2. Kuşeyrî'nin Düşünce Sisteminde Rüyanın Mahiyeti ve Uyku Hali

Sözlük tanımlarına göre, "görmek" anlamına gelen rü'yet kökünden türetilmiş olan rü'ya terimi, bireyin uyku hali sırasında zihninde canlanan görsel imgelerin bütününü, yani düşü ifade etmektedir. (Çelebi, 208: 306). Kuşeyrî'ye göre rüya, bir tür keramet niteliği taşır; mahiyeti itibarıyla kalple ilişkilidir, kalbe gelen hâtır (mânevî hitap) ile muhayyile vasıtasıyla tasavvur edilen bir hâli ifade eder. Rüya, uyku halinde duyu ve bilinç durumlarının tamamen ortadan kalkmadığı bir anda görülmektedir. Esasen rüya, insanların kalplerinde yaratılıp yerleşen şeyin tahayyül ve tasavvur yoluyla idrak edilmesinden ibarettir. İnsan uykuya daldığında, beş duyu organı ile maddî âleme ait varlıkları hissetme ve bilme yetisi kendisinden ayrılır; duyulur bilgiler ve zorunlu önermelerle meşgul olan hayal melekesi (muhayyile) ile tasavvur yetisi, bu tür verilerden arınmış bir duruma geçer. Uyanıklık anında ise kişi, rüyada görmüş olduğu hâllerin, uyanıkken müşahede yoluyla duyumsadığı duyulur ve zorunlu bilgilere kıyasla daha zayıf olduğunu fark eder. (Kuşeyrî, 1981, 574).

Kuşeyrî, rüya gören kişinin durumunu açıklamak için çarpıcı bir metafor kullanır: Yoğun bir karanlık içinde bir lambanın ışığı altında bulunan kimsenin üzerine güneş doğduğunda, güneşin ışınları lambanın ışığına baskın çıkar. Bu durumda lambanın aydınlatma alanı, güneşin ışıklarına kıyasla oldukça dar bir alana sıkışır. Uyuyan kimsenin hâli işte bu lamba ışığı altındaki kimseye benzerken, uyanık olanın hâli gündüz vakti güneşin altında bulunan kimseye benzemektedir. Bu nedenle uyanık olan bir kişinin, uyku hâlinde iken tasavvur ve idrak ettiği şeyleri hatırlayabileceği hususunda herhangi bir kuşku bulunmamaktadır. Bu metafor, uyanıklık halindeki duyusal idrakin (lamba), uyku esnasında kalbe yansıyan ilahi tecelliler (güneş) karşısında ne kadar zayıf kaldığını göstermektedir. (Kuşeyrî, 1981, 575).

Kuşeyrî, uyku ve rüya meselesini, tasavvuf yolunda ilerleyen sâlikin ahlâkî tekâmülü, ruhsal hâlleri ve tasavvuf âdâbı çerçevesinde değerlendirmektedir. Ona göre, manevî disiplini benimsemiş olan ve riyâzet ile mücâhedeyi kendine ilke edinmiş kimseler için uyku, Allah tarafından bahşedilmiş bir lütuf niteliği taşımaktadır. İnsan uykuda iken ruh, maddî dünyanın sınırlamalarından yücelir; bedenden tamamen kopmaksızın ondan kısmen ayrılarak gayb âlemine doğru manevî bir yolculuğa çıkar. Kuşeyrî, kalbini devamlı surette Allah ile meşgul eden sûfînin, uyku esnasında dahi gaflete düşmediğini, bedeni istirahat hâlinde olsa bile kalbinin uyanıklığını sürdürdüğünü ve ruhunun zikirle meşgul olduğunu vurgulamaktadır. Bu anlayışa göre kalbi diri olan kişinin uykusu da ibadet hükmündedir. Buna karşılık nefsinin arzularına tâbi olan kimse ise uyku hâlinde nefsin tesiri altında kalır ve bu durum, onun gördüğü rüyaların karmaşık ve anlamdan yoksun olmasına yol açar. (Kuşeyrî, 1981, 572; Akot, 2011, 97).

3. Manevi Bir Keramet Olarak Sâdık Rüya ve Nefsin Aynası Olarak Kâzib Rüya

Kuşeyrî'nin rüya anlayışında rüyalar, genel hatlarıyla sâdık (doğru ve hakikate uygun) ile kâzib (yalan ve aldatıcı) olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Kuşeyrî'ye göre sâdık rüya, melek tarafından insana ilham edilen ve kalbin arınmasıyla elde edilen, Allah'ın kulu için bir lütfu niteliğindedir. Bu rüya türü, kulun takva, vera ve marifetullah mertebelerini tahakkuk ettirme yolunda gösterdiği sabrın manevî bir karşılığıdır. İlâhî kaynağın bir tecellisi olarak değerlendirilen sâdık rüya, doğrudan kişinin kalbî saflık düzeyine bağlıdır; nefis kaynaklı olumsuz eğilimlerden ne ölçüde uzaklaşmış ve arınmış bir kalbe sahip olunursa, rüya da o nispette sahih ve aydınlık olur. Kuşeyrî, rüya konusunu *er-Risâle* adlı eserinde, sûfîlerin hâl ve makamlarını ele aldığı bağlamda işleyerek, rüyanın doğruluk derecesini kişinin manevî hâliyle doğrudan ilişkilendirmektedir. (Kuşeyrî, 1981, 574-575; Göztepe, 2006, 116).

Kuşeyrî, tasavvufî terbiyenin merkezine murakabe ve muhasebe kavramlarını yerleştirmekte; kişinin uyanık olduğu anlarda kalbinin hangi düşünce veya eylemle meşgul olduğunun, doğrudan doğruya rüyanın içeriğine yansıyacağını ileri sürmektedir. Ona göre eğer bir sûfînin kalbi zikir hâlinde ise rüyası aydınlık ve olumlu; fakat kalp gaflet içinde bulunuyorsa rüyası karmaşık ve karanlık olur. Bu bağlamda sâdık rüya, kalbin manevî seyrinin bir aynası, uyanıkken sergilenen sadakatin uyku hâlindeki yansıması ve nefsî arınmışlığın bir delili niteliğindedir. Kuşeyrî ayrıca sâdık rüyaları kendi içinde iki kısma ayırmıştır: yoruma (tabire) ihtiyaç duymayan açık rüyalar ile remiz ve işaretler barındırması sebebiyle yorumlanmayı gerektiren kapalı rüyalar. (Kuşeyrî, 1981, 571-575; Öteleş, 2019, 141).

Kâzib rüyalar ise şeytanın müdahalesi, nefsin vesveseleri ya da gündelik yaşamda zihni meşgul eden hayallerin bir sonucu olarak ortaya çıkan, temelsiz ve karmaşık (adğâs ü ahlâm) görüntülerdir. Kuşeyrî'ye göre bu tür rüyalar, hakikati yansıtmak yerine kişinin iç dünyasındaki karışıklığı ve dünyevi eğilimlerini açığa çıkarır. Bununla birlikte Kuşeyrî, kâzib rüyaları tamamen değersiz görmez; aksine onları manevi eğitimde bir imtihan ve "nefsin aynası" olarak değerlendirir. Sülûk yolunda ilerleyen mürid için kâzib rüya, kibre kapılmasına sebep olabileceği gibi, nefsanî hastalıklarını tanımasına imkân veren eğitici bir fırsat da sunar. Kalp karardıkça kâzib rüyalar çoğalır, kalp aydınlandıkça bu tür rüyalar azalır. (Kuşeyrî, 1981, 573-575; Yüksel, 1996, 186).

4. Seyr u Sülûk Sürecinde Dinamik Bir İrşad Vasıtası Olarak Rüya

er-Risâle'de rüyanın en mühim fonksiyonu, sûfînin manevi eğitim (seyr u sülûk) yolculuğunda pratik bir rehber, içsel bir ikaz ve dönüştürücü bir irşad vasıtası olmasıdır. Kuşeyrî'ye göre rüya, sâlike yön veren, onu hatalarından döndüren ve hayatını olumlu yönde şekillendiren dinamik bir ilahi müdahaledir. Sadık rüyalar, müridin kalbinde var olan gizli hallerin dışa vurumu olup, kimi zaman bir müjde, kimi zaman sarsıcı bir uyarı niteliği taşır. Kuşeyrî, rüyanın irşad boyutunu kanıtlamak için tasavvuf tarihindeki büyük sûfîlerin tecrübelerinden örnekler verir. Örneğin, vefat eden sûfîlerin ahiretteki makamlarını bildiren rüyalar, geride kalanlar için büyük bir eğitim aracıdır. Ma'rûf-i Kerhî'nin rüyada görülerek fakirleri sevdiği için affedildiğini bildirmesi veya Bişr el-Hâfî'nin rüyada cennetin yarısının kendisine helal kılındığını haber vermesi, rüyanın ölüm ötesini aydınlatan yönüne işaret eder. Aynı şekilde, Serî es-Sakatî'nin rüyasında gördüğü bir cariyeden aldığı ilhamla dünyevi bir rahatlık olan soğuk su testisini kırıp atması veya Bâyezîd-i Bistâmî'nin rüyasında Allah'a nasıl ulaşacağını sorduğunda "Nefsini bırak öyle gel" cevabını alması, rüyanın eyleme doğrudan tesir eden pratik irşad gücünü göstermektedir. (Kuşeyrî, 1981, 120)

Bu hususta en çarpıcı ve şahsi örnek bizzat Kuşeyrî'nin hayatından aktarılır. Kuşeyrî, oğlunun ağır bir hastalığa düçar olduğu dönemde rüyasında Hz. Peygamberi görür. Peygamber Efendimiz kendisine Kur'an'daki şifa ayetlerini toplayıp bir kaba yazmasını, ardından su ile yıkayarak o suyu hasta çocuğa içirmesini tavsiye eder. Kuşeyrî uyanınca bu ilahî reçeteyi aynen uygular ve çocuğu şifa bulur. Bu hadise, sûfî geleneğinde rüyanın sadece soyut bir bilgi veya his olmadığını, gündelik hayattaki maddi-manevi problemlere fiilî çözümler sunan muazzam bir irşad ve şifa kaynağı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. (Kuşeyrî, 1981, 19.) Ancak Kuşeyrî, rüyaların getirdiği bu sırlara karşı edebi elden bırakmaz; rüyanın Allah'ın kuluna verdiği bir sır olduğunu belirterek, her rüyanın herkese anlatılmamasını, bilhassa hasetçilerden saklanmasını ve Hz. Yusuf kıssasında olduğu gibi sırrın ifşasından doğacak musibetlere karşı dikkatli olunmasını öğütler. (Kuşeyrî, 1981, 571; Göztepe, 2006, 119)

SONUÇ

Kuşeyrî'nin *er-Risâle* eseri ekseninde yürütülen bu inceleme, tasavvuf düşüncesinde rüya olgusunun salt psikolojik veya fizyolojik bir uyku hâli olmanın ötesinde, ontolojik ve epistemolojik bir anlam taşıdığını ortaya koymaktadır. Kuşeyrî'ye göre rüya, kalpte yaratılan manaların muhayyile vasıtasıyla idrak edilmesi olup, manevi arınma derecesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu çerçevede rüyalar, doğrulukları bakımından sâdık ve kâzib olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır.

Sâdık rüyalar, ilahî bir lütuf ve keramet olarak nitelendirilmekte olup kişinin takva, vera ve kalbi saflık düzeyinin bir yansıması sayılmaktadır. Murakabe ve muhasebe gibi tasavvufî terbiye yöntemleriyle doğrudan bağlantılı olan bu rüya türü, sâlikin uyanık halindeki sadakatinin uykudaki aynası konumundadır. Kâzib rüyalar ise şeytan ve nefisten kaynaklanan karmaşık görüntüler olmakla birlikte, Kuşeyrî bunları bütünüyle değersiz görmemektedir. Aksine nefsin kusurlarını teşhis etme imkânı sunan pedagojik bir uyarıcı olarak değerlendirmektedir.

Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri, Kuşeyrî'nin rüyayı teorik bir kavram olmanın ötesinde, pratik bir irşad vasıtası olarak konumlandırmasıdır. Bizzat kendi hayatında oğlunun hastalığında Hz. Peygamber'den rüyada aldığı talimatla amel etmesi, rüyanın gündelik hayata yön veren dinamik ve fiili bir rehberlik işlevi gördüğünü kanıtlamaktadır. Ayrıca rüya tabirinin, zihinsel bir çözümleme tekniğinden ziyade, kalp saflığına ermiş kimselere has manevi bir sezgi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak Kuşeyrî'nin düşünce sisteminde rüya, masivadan arınmış kalplere bahşedilen ilahî bir keramet, nefsin gizli yönelimlerini teşhis eden bir ayna ve sâliki hakikate ulaştıran pratik bir irşad aracı olarak işlev üstlenmektedir. Bu çerçevede *er-Risâle*, rüya olgusuna dair geliştirilen tasavvufî yaklaşımın klasik ve bütüncül bir ifadesi olarak değerlendirilmeye değerdir.

KAYNAKÇA

Akot, B. (2011). Tasavvufi Terbiyede Rüyanın Değeri. *Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 10* (19), 93-113.

Başaran, S. (2003). *Sünnette Rüya.* Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Çelebi, İ. (2008). Rüya. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* içinde (Cilt 35, s. 306-309). İstanbul: TDV Yayınları.

el-Buhârî, M. İ. (1982). *Sahîh-i Buhârî Tercüme ve Şerhi*. (M. Sofuoğlu, Çev.). İstanbul: Ötüken Yayınları.

el-İsfehânî, R. (2010). *el-Müfredât: Kur'an kavramları sözlüğü*. (Abdulbaki Güneş ve Mehmet Yolcu, Çev.). İstanbul: Çıra Yayınları.

Evginer, N. (2010). *Psikolojik ve Dini Bir Fenomen Olarak Rüya.* Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Göztepe, Y. (2006). *Abdülkerîm Kuşeyrî'de Hâller ve Makâmlar.* Yayınlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Gülmez, Murat. *Hz. Peygamber ile Ashânın Rüyalarını ve Rüya Yorumlarını İhtiva Eden Rivayetlerin Tespit ve Tahlili.* Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.

Hacımüftüoğlu, H. (2018) *Müfessirlere Göre Rüyalar, Tarihten Günümüze Tartışmalı İnanç Meseleleri* II, ed. Mehmet Bulgen-İsmail Taşpınar, İstanbul: İFAV Yayınları,

Kılıç, Y. *Kindî, Fârâbî ve Gazzâlî'de Rüya,* Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Konpara, Z. (1964). *Peygamberimiz'in Hayatı.* Ankara: MEB Yayınları.

Kur'an-ı Kerim Meâli, (2011). (Halil Altuntaş, Muzaffer Şahin, Çev.). Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.

Kuşeyrî, A. (1981). *Kuşeyrî Risâlesi*. (Çev. S. Uludağ). İstanbul: Dergâh Yayınları.

Küçük, O. N. (2014). Muhyiddîn İbnü'l-Arabî'ye Göre Rüya ve Tabiri. *Marife Dini Araştırmalar Dergisi, 14* (3), 31-56.

Müslim, b. H. (1980), *Sahîh-i Müslim Tercüme ve Şerhi.* (A. Davudoğlu, Çev.). İstanbul: Sönmez Neşriyat.

Nurdoğan, M. (2019). *Kelam İlmi Açısından Rüyanın Bilgi Değeri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.

Ovacık, Z. (2019). Gazzalî'de Metafizik Bilginin İmkânı Açısından Rüya. *İlahiyat Tetkikleri Dergisi*, (51), 133-162.

Öteleş, Z. (2019). Tasavvufun Metafizik Omurgası: Rüya-Fusûs Merkezli Bir Değerlendirme. *Süleyman Demirel Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 2(43), 139-147.

Sarı, S. (2016). *Rüya Yoluyla Gerçekleşen Dini Tecrübe Olayları Üzerine Bir Araştırm*a. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Yüksel, H. A. (1996). *Türk-İslam Tasavvuf Geleneğinde Rüya.* İstanbul: MEB Yayınları.

OSMANLI'DA ASKERÎ OKULLARDA DİN EĞİTİMİ ANLAYIŞININ DEĞİŞİMİ

Adem OĞUZ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Felsefe ve Din Bilimleri Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye.

https://orcid.org/0009-0008-0634-2534

İshak TEKİN

Doç. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, Felsefe ve Din Bilimleri Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3850-5691

ÖZET

Bu çalışma, Osmanlı askerî modernleşmesi sürecinde askerî okullarda din eğitimi anlayışının geçirdiği değişimi incelemektedir. Çalışmada Mühendishâneler, Mekteb-i Tıbbiye, Mekteb-i Harbiye, askerî idadiler, askerî rüştiyeler ve Bahriye Mektebi gibi kurumlar üzerinden din eğitiminin askerî okul sistemi içindeki yeri ele alınmaktadır. Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesine dayanmaktadır. Bu kapsamda askerî okul programları, ders cetvelleri, nizamnameler, salnameler, okutulan eserler ve konuya ilişkin akademik çalışmalar değerlendirilmiştir. Osmanlı askerî okullarında teknik ve meslekî derslerin ağırlık kazanması, dinî ve ahlâkî derslerin konumunu dönüştürmüş; bu derslerin içeriği, verildiği kademe ve yüklendiği işlev zaman içinde yeniden şekillenmiştir. Mekteb-i Harbiye'nin teknik ve profesyonel subay yetiştiren bir kuruma dönüşmesiyle temel dinî-ahlâkî formasyonun askerî idadi ve rüştiye kademelerinde daha belirgin hâle geldiği görülmektedir. Nûrü'l-Îzâh, Dürr-i Yektâ, Halebî, İlmihal-i Sağîr, İlmihal-i Kebîr ve Vesîletü'n-Necât gibi eserlerin programlarda yer alması, din eğitiminin klasik ilmî birikimle bağını korurken modern okul düzenine uygun kademeli bir öğretim biçimi kazandığını göstermektedir. Sonuç olarak Osmanlı askerî okullarında din eğitimi; ahlâk, disiplin, itaat, sadakat, vazife bilinci ve askerî kimlik inşasını destekleyen bir formasyon alanı olarak varlığını sürdürmüştür.

Anahtar Kelimeler: Osmanlı askerî okulları, din eğitimi, askerî modernleşme, Mekteb-i Harbiye, askerî rüştiyeler.

THE TRANSFORMATION OF THE UNDERSTANDING OF RELIGIOUS EDUCATION IN OTTOMAN MILITARY SCHOOLS

ABSTRACT

This study examines the transformation of the understanding of religious education in military schools during the process of Ottoman military modernization. The study discusses the place of religious education within the Ottoman military school system through institutions such as the Imperial Naval Engineering School, the Imperial Military Engineering School, the Imperial School of Medicine, the Military Academy, military preparatory schools, military junior high schools, and the Naval School. The research is based on document analysis, one of the qualitative research methods. In this context, military school curricula, course schedules, regulations, yearbooks, textbooks, and relevant academic studies are evaluated. The increasing emphasis on technical and professional courses in Ottoman military schools transformed the position of religious and moral courses; their content, educational level, and function were reshaped over time. As the Military Academy gradually became an institution focused on technical and professional officer training, basic religious and moral formation became more prominent in military preparatory and junior high schools. The inclusion of works such as Nūr al-Īḍāḥ, Dürr-i Yektâ, Halebî, İlmihal-i Sağîr, İlmihal-i Kebîr, and Vesîletü'n-Necât in the curricula shows that religious education

preserved its connection with the classical scholarly tradition while acquiring a gradual form of instruction compatible with the modern school system. As a result, religious education in Ottoman military schools continued to function as a formative field that supported morality, discipline, obedience, loyalty, sense of duty, and the construction of military identity.

Keywords: Ottoman military schools, religious education, military modernization, Military Academy, military junior high schools.

GİRİŞ

Osmanlı Devleti'nde askerî modernleşme süreci, teşkilat, silah teknolojisi ve talim usullerindeki yeniliklerin ötesinde, asker yetiştirme anlayışını ve askerî eğitim kurumlarının yapısını da doğrudan etkileyen kapsamlı bir dönüşüm alanıdır. XVIII. yüzyıl sonlarından itibaren hız kazanan askerî yenileşme hareketleri, ordunun teknik kapasitesini artırmayı hedeflerken, askerî disiplinin kuruluş biçimini, personelin manevî-ahlâkî formasyonunu ve eğitim kurumlarında kazandırılması amaçlanan değerler sistemini de yeniden şekillendirmiştir. Bu nedenle Osmanlı askerî modernleşmesini anlamak için ordunun teknik ve kurumsal dönüşümüyle birlikte askerî eğitim kurumlarında verilen dinî ve ahlâkî eğitimin konumunu da dikkate almak gerekir (Berkes, 2025).

Klasik Osmanlı askerî yapısında dinî eğitim ve manevî yönlendirme büyük ölçüde ocak kültürü, gazâ anlayışı, tekke-tarikat bağlantıları, imamlık hizmetleri, merasimler ve kıta içi uygulamalar yoluyla yürütülmekteydi. Yeniçeri Ocağı, Acemi Ocağı ve diğer askerî yapılar içinde dinî unsurlar, askerin kimlik inşasında, itaat anlayışında ve savaş motivasyonunda önemli bir yer tutmaktaydı. Modernleşme süreciyle birlikte askerî eğitimin kurumsal zemini değişmiş; Mühendishâneler, Mekteb-i Harbiye, Mekteb-i Tıbbiye, askerî idadiler, askerî rüştiyeler ve Bahriye Mektebi gibi okullar asker yetiştirme sürecinin merkezî kurumları hâline gelmiştir (Aydın, 2022; Berkes, 2025; Ergin, 1977).

Askerî okulların ortaya çıkışı, din eğitiminin askerî eğitim içindeki yerini de yeniden biçimlendirmiştir. Bu kurumlarda matematik, hendese, haritacılık, istihkâm, topçuluk, yabancı dil, tabiye ve fen dersleri ön plana çıkarken dinî ve ahlâkî dersler de farklı düzeylerde varlığını sürdürmüştür. Askerî okullarda din eğitimi; okul sistemi, sınıf düzeni, ders programı, imtihan, ders kitabı ve öğretmen kadrosu içinde yürütülen daha programlı bir yapıya kavuşmuştur. Kıta içindeki din eğitimi ise askerî gündelik hayatın ihtiyaçlarına daha doğrudan temas eden pratik bir görünüm taşımıştır.

Bu çalışmanın temel hareket noktası, Osmanlı askerî okullarında din eğitiminin ders adı, ders saati veya müfredattaki oranı aşan daha geniş bir anlam alanına sahip olduğu düşüncesidir. Askerî okullardaki din eğitimi; temel dinî bilgilerin öğretimi yanında ahlâk, itaat, sadakat, vazife bilinci, padişaha bağlılık ve askerî disiplin kavramlarıyla yakından ilişkilidir. Bu yönüyle din eğitimi, modern askerî okul sisteminde öğrencinin bilgi düzeyini geliştiren bir ders alanı olmanın yanında, onun askerî kimliğinin, kurumsal aidiyetinin ve ahlâkî karakterinin oluşumuna katkı sağlayan bir formasyon alanı olarak da işlev görmüştür (Çoştu, 2020).

Osmanlı askerî eğitiminde dinî ve ahlâkî içeriğin dağılımı zaman içinde değişmiş; temel dinî formasyonun askerî idadi ve rüştiye gibi hazırlayıcı kademelerde daha belirgin hâle geldiği görülmüştür.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, Osmanlı askerî modernleşmesi sürecinde askerî okullarda din eğitimi anlayışının nasıl bir değişim gösterdiğini incelemektir. Çalışmada Mühendishâne-i Bahrî-i Hümâyun, Mühendishâne-i Berrî-i Hümâyun, Mekteb-i Harbiye, askerî idadiler, askerî rüştiyeler ve Bahriye Mektebi gibi kurumlar üzerinden din eğitiminin müfredattaki yeri, okutulan kitaplar, derslerin içerikleri ve bu derslere yüklenen askerî-ahlâkî işlev değerlendirilecektir. Ayrıca söz konusu değişim, Osmanlı eğitim modernleşmesi, askerî disiplin anlayışı ve din eğitimi tarihi literatürüyle birlikte ele alınacaktır (Bilgin, 2021; Mehmed Esad, 1310; Türkmen, 2015).

Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesine dayanmaktadır. Bu kapsamda askerî okul programları, nizamnameler, salnameler, ders cetvelleri, döneme ait askerî ve dinî içerikli eserler ile konuya ilişkin akademik çalışmalar birlikte değerlendirilecektir. Tarihsel konuya uygun olarak literatür taraması, tarihsel çözümleme ve betimsel değerlendirme yöntemlerinden yararlanılacaktır.

Böylece askerî okullarda din eğitimi anlayışındaki değişim; kurumlar, programlar, dersler, okutulan kitaplar ve bu derslere yüklenen işlevler üzerinden takip edilecektir.

Bu çalışma, Osmanlı askerî tarihi ile din eğitimi tarihinin kesişim noktasında yer alan bir meseleyi askerî okullar üzerinden ele almaktadır. Osmanlı ordusu üzerine yapılan çalışmalar genellikle teşkilat, savaşlar, ıslahatlar ve teknik eğitim üzerinde yoğunlaşırken, din eğitimi çalışmaları çoğunlukla medrese, mektep ve sivil eğitim kurumları etrafında şekillenmiştir. Bu çalışma, askerî okullarda din eğitiminin konumunu merkeze alarak iki alan arasında bağlantı kurmayı ve askerî modernleşmenin din eğitimi anlayışına nasıl yansıdığını ortaya koymayı hedeflemektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Osmanlı Askerî Okullarında Din Eğitiminin Kurumsal Zemini

Osmanlı Devleti'nde askerî okulların ortaya çıkışı, XVIII. yüzyıl sonlarından itibaren hızlanan askerî yenileşme arayışlarıyla yakından ilişkilidir. Klasik askerî teşkilatın değişen savaş teknolojisi, yeni talim usulleri ve merkezîleşme ihtiyacı karşısında yetersiz kalması, asker yetiştirme düzeninde daha sistemli kurumların doğmasına zemin hazırlamıştır. Bu süreçte Mühendishâneler, Mekteb-i Tıbbiye, Mekteb-i Harbiye, askerî idadiler, askerî rüştiyeler ve Bahriye Mektebi gibi kurumlar Osmanlı askerî eğitim sisteminin farklı kademelerini meydana getirmiştir (Akyüz, 2025; Aydın, 2022; Ergin, 1977).

Osmanlı askerî eğitiminde kurumsal dönüşümün ilk önemli halkalarından biri Mühendishânelerdir. Mühendishâne-i Bahrî-i Hümâyun ve Mühendishâne-i Berrî-i Hümâyun, askerî teknikleşmenin ve modern bilimlerin askerî eğitim alanına girişinin belirgin örnekleri arasında yer almıştır. Bu kurumlarda hesap, hendese, haritacılık, topçuluk, istihkâm ve denizcilik gibi teknik dersler ön plana çıkarken, din eğitimi öğrencilerin Osmanlı-İslâm kültürü içinde ahlâklı, disiplinli ve devlete bağlı bireyler olarak yetişmelerini destekleyen tamamlayıcı bir unsur olarak varlık göstermiştir (Beydilli, 2006a, 2006b; Kaçar, 1998). Öğrencilerden Kur'an okuyabilme yeterliliğinin beklenmesi, bazı programlarda din dersi veya mukabele gibi başlıklara yer verilmesi, Arapça ve Farsça dersleri aracılığıyla klasik ilmî kültürle bağın sürdürülmesi, dinî-ahlâkî formasyonun Mühendishânelerde de korunduğunu göstermektedir. Özellikle II. Abdülhamid döneminde 1888 yılında Mühendishâne-i Bahrî-i Hümâyun programına "Peygamber Menkıbeleri" dersinin eklenmesi ve 1893 yılına ait sınav çizelgesinde "Akaid-i Diniye" ile "Fezâil-i Askeriye" gibi derslerin bulunması, teknik askerî öğretim ile dinî-ahlâkî formasyonun birlikte sürdürüldüğünü ortaya koymaktadır (Aydın, 2022; Şanal ve Demir, 2012).

Mekteb-i Tıbbiye, askerî okullar içinde din eğitiminin erken dönemde açık biçimde görülebildiği kurumlardan biridir. 1827'de açılan Tıbhâne-i Âmire ve Cerrahhâne-i Ma'mûre'de ilk öğrenciler Asâkir-i Mansûre acemileri veya yetenekli gençler arasından seçilmiş; okulun ilk sınıfına tayin edilen Mısrî Seyyid Ahmed Efendi'nin öğrencilere dil bilgisi, imlâ, tıbbî bitki ve ilaç adlarının Türkçe ve Arapça karşılıklarının yanında Kur'ân-ı Kerîm ve ilmihal dersleri de vereceği belirtilmiştir (Sarı, 2004). Bu örnek, modern tıp eğitiminin ilk safhasında dinî bilginin program içinde açık bir ders alanı olarak yer aldığını göstermektedir. Kurumun temel amacı ordu için modern tıp bilgisine sahip hekim ve cerrah yetiştirmek olduğundan, din eğitimi burada askerî tıp formasyonunu destekleyen ahlâkî ve kültürel bir unsur olarak konumlanmıştır. Böylece Tıbbiye örneği, askerî-teknik uzmanlaşma ile temel dinî-ahlâkî terbiyenin aynı kurum bünyesinde birlikte düşünüldüğünü göstermektedir.

Mekteb-i Harbiye ise askerî okullarda din eğitiminin daha belirgin biçimde takip edilebildiği merkezî kurumlardan biridir. Yeniçeri Ocağı'nın kaldırılmasından sonra kurulan Asâkir-i Mansûre-i Muhammediyye ordusunun nitelikli subay ihtiyacı, Harbiye'nin kuruluş gerekçesini doğrudan şekillendirmiştir. Harbiye'nin kuruluş yıllarında dinî bilgi, Müslüman kimliği, şer'î hükümlere uygun davranış ve ibadet yükümlülüğü hem öğrenci kabul şartlarında hem de ders programlarında karşılık bulmuştur (Eser, 2005; Mehmed Esad, 1310; Yıldız, 2022). Bu nedenle Mekteb-i Harbiye'de din eğitimi; kabul ölçütleri, program, okul camisi, dinî merasimler, okutulan eserler ve ibadet düzeni aracılığıyla kurumsal bir görünürlük kazanmıştır.

Mekteb-i Harbiye'nin zaman içinde daha teknik, meslekî ve profesyonel subay yetiştiren bir kuruma dönüşmesi, din eğitiminin okul sistemi içindeki dağılımını da etkilemiştir. Harbiye'de modern askerî

bilimler, talim, taktik, matematik, haritacılık ve yabancı dil gibi alanların ağırlık kazanmasıyla birlikte temel dinî ve ahlâkî formasyon daha alt kademelerde yoğunlaşmaya başlamıştır (Bilgin, 2021; Türkmen, 2015). Böylece Harbiye yüksek askerî meslek eğitiminin merkezi hâline gelirken, askerî idadiler ve askerî rüştiyeler temel dinî-ahlâkî hazırlığın daha belirgin yürütüldüğü kurumlar olarak öne çıkmıştır.

Askerî idadiler, bu kademeli yapının ortaöğretim düzeyindeki önemli halkasını oluşturmuştur. Harbiye'ye öğrenci hazırlamak amacıyla açılan bu okullar, öğrencilerin fen, matematik, dil ve askerî hazırlık dersleri yanında dinî-ahlâkî formasyon bakımından da yetiştirildiği kurumlar olmuştur (Gülmez, 2021; Özkat ve Akça, 2007). Kuleli Askerî İdadisi örneği, bu durumun somut şekilde izlenebildiği kurumlardan biridir. 1910-1912 programlarında birinci ve ikinci sınıflarda Ulûm-ı Dîniyye, üçüncü sınıfta İlm-i Ahlâk derslerinin bulunması; 1918-1920 programlarında Ulûm-ı Dîniyye, Ahlâk ve İlm-i Kelâm gibi derslerin yer alması, idadi düzeyinde din eğitiminin yaş ve sınıf seviyesine göre farklılaştırıldığını göstermektedir. İlk sınıflarda temel dinî bilgiler öne çıkarken, üst sınıflarda ahlâk, karakter terbiyesi ve kelâmî içerikler daha belirgin hâle gelmiştir.

Askerî rüştiyeler, askerî eğitim sisteminde din eğitiminin daha erken yaşlarda ve daha sistemli biçimde verildiği alt basamak kurumlarıdır. Bu okullar, askerî idadilere öğrenci hazırlamak amacıyla teşkil edilmiş; öğrencilerin temel derslerin yanında disiplin, ahlâk, itaat ve manevî terbiye yönünden de yetiştirilmelerini hedeflemiştir (Akyüz, 2025; Patoğlu, 2018; Somel, 2019). Modern askerî eğitim sisteminin alt basamağını oluşturan askerî rüştiyeler, küçük yaşlardan itibaren öğrencileri askerlik mesleğine hazırlayan ara eğitim kurumlarıdır. Bu çerçevede ilmihal, akaid, Kur'ân-ı Kerîm, tecvit, İslâm tarihi ve ahlâkî içerikli derslerin programlarda kademeli biçimde yer alması, din eğitiminin erken yaşlardan itibaren askerî eğitim sürecine dâhil edildiğini göstermektedir.

Bahriye Mektebi de Osmanlı askerî okullarında din eğitiminin kurumsal zeminini anlamak bakımından dikkate değer bir örnektir. Bahriye Mektebi'nde birinci ve ikinci sınıflarda İlm-i Hâl dersinin programda açık biçimde yer alması, dinî bilginin denizcilik eğitimi içindeki konumunu göstermektedir. Patrona Mustafa Paşa'nın layihasında Bahriye Mektebi'ne öğrenci alınırken çocukların Kur'ân-ı Kerîm'i hatmetmiş ve yazı yazmayı öğrenmiş olmalarının şart koşulması, öğrencilerden beklenen dinî-kültürel altyapıyı ortaya koymaktadır (Şanal ve Demir, 2012; Yakıtal, 1991). Heybeliada Bahriye Mektebi bünyesinde büyük bir caminin bulunması ise ibadet ve dinî terbiyenin okul hayatındaki kurumsal karşılığı bakımından önemlidir.

Bahriye Mektebi'nde dinî bilginin mezuniyet ve mesleğe geçiş sürecinde de etkili olduğu görülmektedir. 1874 yılında imamlar tarafından öğrencilerin ders kitapları, defterleri ve notları incelenmiş; materyallerde dine aykırı unsurlar bulunup bulunmadığı araştırılmıştır. İnceleme sonucunda öğrencilere verilen dinî eğitim saatleri artırılmıştır. Ayrıca imamlar, Bahriye Mektebi'nden mezun olacak öğrencilerin mülazımlık sınavlarında oluşturulan heyette yer almış; öğrencilerin unvan alabilmeleri için imamların yönelttiği sorulara doğru cevap vermeleri gerekmiştir (Geçili, 2017; Şanal ve Demir, 2012). Bu durum, Bahriye Mektebi'nde din eğitiminin öğrencinin mesleğe geçiş yeterliliğiyle de ilişkilendirildiğini göstermektedir.

Müfredat, Dersler ve Okutulan Kitaplar Üzerinden Değişim

Osmanlı askerî okullarında din eğitimi anlayışındaki dönüşüm, ders programları, ders adları ve okutulan kitaplar üzerinden açık biçimde takip edilebilmektedir. Askerî modernleşme sürecinde teknik ve fen ağırlıklı derslerin artması, dinî ve ahlâkî derslerin askerî okul sistemi içindeki yerini bütünüyle ortadan kaldırmamış; bu derslerin mahiyetini, veriliş kademesini ve işlevini yeniden şekillendirmiştir. Bu bakımdan müfredat değişimleri, din eğitiminin hangi sınıf seviyesinde, hangi eserlerle ve hangi amaçla sürdürüldüğünü göstermesi açısından önem taşımaktadır (Aydın, 2022; Çoştu, 2020).

Mekteb-i Harbiye'nin ilk dönem programlarında din eğitimi, klasik İslâmî ilimler ve ilmihal geleneğiyle bağlantılı eserler üzerinden yürütülmüştür. Harbiye'nin erken programlarında ilmihal alanında Şürünbülâlî'nin Nûrü'l-İzâhı, akaid sahasında İmamzâde Esad Efendi'nin Dürr-i Yektâsı, mesâil-i diniyye kapsamında ise Halebî gibi eserlerin okutulması, bu okulun başlangıçta klasik dinî metinlerle bağını koruduğunu göstermektedir. Bu eserler, öğrencilerin temel ibadet bilgisi, Hanefî fıkhı ve Ehl-i

sünnet akaidi çerçevesinde yetiştirilmesini amaçlayan metinlerdir. Böylece Harbiye'de din eğitimi, subay adaylarının meslekî askerî bilgiyle birlikte temel dinî formasyon kazanmasını sağlayan bir unsur olarak yer almıştır (Aydın, 2022).

Harbiye'nin zamanla teknik ve meslekî yönünün güçlenmesi, temel dinî ve ahlâkî formasyonun askerî idadi ve rüştiye kademelerinde daha belirgin hâle gelmesine yol açmıştır. Böylece din eğitimi, askerî okul sistemi içinde kademelere göre yeniden düzenlenmiştir (Aydın, 2022; İgüs, 2022).

Askerî idadiler, bu yeniden düzenlemenin önemli örnekleri arasında yer almaktadır. Harbiye'ye öğrenci hazırlayan bu okullarda fen, matematik, dil ve askerî hazırlık dersleriyle birlikte dinî ve ahlâkî dersler de programlarda yer bulmuştur. Kuleli Askerî İdadisi'nin 1892-1893 ve 1894-1898 yıllarına ait imtihan ve ders kayıtlarında hendese, Fransızca, cebir, müsellesat, fenn-i makine, kozmografya, kitabet, coğrafya, tarih, resim, tarama ve jimnastik gibi modern derslerin yanında Akâid-i Dîniyye dersinin de müstakil not alanı olarak bulunması, dinî içeriğin modern derslerle birlikte sürdürüldüğünü göstermektedir (Aydın, 2022; Mızrakçı, 2017; Özkat ve Akça, 2007).

Kuleli Askerî İdadisi'nin 1910-1912 ve 1918-1920 yıllarına ait programları, dinî ve ahlâkî derslerin sınıf seviyesine göre kademelendirildiğini göstermektedir. 1910-1912 programında birinci ve ikinci sınıflarda Ulûm-ı Dîniyye, üçüncü sınıfta İlm-i Ahlâk dersi yer alırken; 1918-1919 programında yine birinci ve ikinci sınıflarda Ulûm-ı Dîniyye, üçüncü sınıfta Ahlâk dersi bulunmaktadır. 1919-1920 programında ise birinci sınıfta İlm-i Ahlâk, ikinci sınıfta İlm-i Kelâm, üçüncü sınıfta mantık ve felsefe ile birlikte ahlâkî içerik görülmektedir. Bu dağılım, öğrencilerin önce temel dinî bilgilerle, sonraki aşamalarda ise ahlâk, karakter terbiyesi ve kelâmî içeriklerle yetiştirildiğini; dolayısıyla din eğitiminin bilgi aktarımının yanında askerî disiplin, vazife bilinci ve ahlâkî olgunluk bakımından da işlev gördüğünü ortaya koymaktadır (Aydın, 2022; Mızrakçı, 2017).

Askerî idadilerde Akâid-i İslâmiyye derslerinin içeriği de dikkat çekicidir. Bu derslerde isbât-ı vâcib, ilâhî sıfatlar, Allah'ın fiilleri, nübüvvetin ispatı, peygamberler, ahiret ve imana dair temel konular ele alınmıştır. Böylece askerî idadilerde verilen din eğitimi, günlük ibadet bilgileriyle sınırlı kalmamış; temel akaid ve kelâm konularını da içeren bir muhtevaya sahip olmuştur. Bu durum, din eğitiminin modern askerî okul sisteminde bilgi, inanç ve karakter formasyonunu birlikte destekleyen bir alan olarak düşünüldüğünü göstermektedir (Çeliktaş, 2017).

Askerî rüştiyeler, din eğitiminin daha erken yaşlarda ve daha sistemli şekilde verildiği kurumlardır. Bu okullara kabulde Müslüman öğrencilerin Kur'ân-ı Kerîm okuyabilmeleri, harekesiz metinleri çözebilmeleri ve yazı yazabilecek seviyede olmaları beklenmiştir. Bu kabul şartı, askerî rüştiyelerde dinî altyapının giriş aşamasından itibaren dikkate alındığını göstermektedir. Rüştiyelerde ilmihal, akaid, Kur'ân-ı Kerîm, tecvit, peygamberler tarihi, İslâm tarihi ve ahlâkî içerikli dersler programlı biçimde yürütülmüştür (Aydın, 2022; Patoğlu, 2018).

1891 programı, askerî rüştiyelerde din eğitiminin yaygınlaşmasını göstermesi bakımından önemlidir. Bu dönemde Akâid-i Dîniyye dersinin birden fazla sınıfta yer alması, din eğitiminin tek bir sınıfla sınırlandırılmadan bütüncül biçimde verildiğini göstermektedir. Ayrıca Zübde-i Târîh-i Enbiyâ ve Muhtasar Hükûmât-ı İslâmiyye gibi ders ve eserlerin programda bulunması, rüştiye düzeyinde din eğitiminin peygamberler tarihi, İslâmî yönetim düşüncesi ve ahlâkî bilinçle desteklendiğini ortaya koymaktadır (Aydın, 2022; Çoştu, 2020).

1905 programı ise askerî rüştiyelerde din eğitiminin en sistemli örneklerinden biridir. Öğretim süresinin beş yıla çıkarılmasıyla dinî içerik bütün sınıflara yayılmıştır. Birinci sınıfta İlmihal-i Sağîr, ikinci sınıfta İlmihal-i Kebîr, üçüncü sınıfta Vesîletü'n-Necât, dördüncü ve beşinci sınıflarda ise Dürr-i Yektâ Şerhi okutulmuştur. Bu yapı, din eğitiminin basitten ayrıntılıya doğru ilerleyen metin merkezli ve kademeli bir öğretim modeli hâline geldiğini göstermektedir (Cerrah, 2010; Çoştu, 2020).

Bu eserler içinde Vesîletü'n-Necât özel bir yere sahiptir. Eserde namaz, oruç ve temel ibadet konularının yanında cihad, ulu'l-emre itaat, cihada niyet, silah taliminin lüzumu, nişan talimi, muharebe için at besleme ve nöbet beklemenin fazileti gibi askerî hayatla doğrudan ilişkili başlıklara yer verilmiştir. Bu içerik, askerî rüştiyelerde din eğitiminin bireysel ibadet bilgisi kazandırmanın yanı sıra askerlik görevi,

disiplin, itaat, vatan müdafaası ve manevî dayanıklılık bilincini de desteklediğini göstermektedir(Cerrah, 2010).

II. Meşrutiyet döneminde askerî rüştiyelerin programlarında sadeleşme eğilimi görülmüştür. 1910 programında ayrıntılı akaid ve fıkıh metinleri yerine Kur'ân-ı Kerîm ve Tecvit, İlmihal ve Kısas-ı Enbiyâ gibi daha temel ve pratik dersler öne çıkmıştır. Bu değişim, din eğitiminin askerî rüştiyelerde daha sade, anlaşılır ve temel dinî bilgileri önceleyen bir forma yöneldiğini göstermektedir. Böylece geç Osmanlı döneminde din eğitimi, askerî disiplinle bağlantısını koruyarak öğrenci seviyesine uygun ve işlevsel bir çerçevede düzenlenmiştir (Çeliktaş, 2017).

Osmanlı askerî okullarında müfredat, dersler ve okutulan kitaplar üzerinden takip edilen değişim, din eğitiminin modern askerî okul sistemi içinde yeni bir biçim kazandığını göstermektedir. Bu süreçte klasik metinler varlığını sürdürmüş; *Nûrü'l-Îzâh, Dürr-i Yektâ* ve *Halebî* gibi eserler aracılığıyla öğrencilerin temel fıkıh, akaid ve ibadet bilgileri desteklenmiştir. Bununla birlikte din eğitimi, okul kademelerine göre yeniden düzenlenmiş; Harbiye'de daha tamamlayıcı bir alan hâline gelirken askerî idadi ve rüştiyelerde daha görünür ve kademeli bir müfredat unsuru olmuştur. Böylece ilmihal ve akaid bilgisi, ahlâk, itaat, sadakat, görev bilinci ve askerî disiplinle ilişkilendirilmiş; din eğitimi Osmanlı askerî eğitim sisteminde bilgi, ahlâk, disiplin ve askerî kimlik inşasını birlikte destekleyen bir formasyon alanı hâline gelmiştir.

SONUÇ

Osmanlı askerî modernleşmesi sürecinde askerî okullar, yalnızca teknik ve meslekî bilginin aktarıldığı kurumlar olarak gelişmemiş; aynı zamanda askerî kimliğin, disiplin anlayışının ve ahlâkî formasyonun şekillendiği eğitim merkezleri hâline gelmiştir. Mühendishânelerden Mekteb-i Harbiye'ye, askerî idadilerden askerî rüştiyelere ve Bahriye Mektebi'ne uzanan süreç, din eğitiminin askerî okul sistemi içinde farklı biçimlerde varlığını sürdürdüğünü göstermektedir.

Askerî okullarda din eğitiminin kurumsal zemini, okul türlerine ve eğitim kademelerine göre değişen çok katmanlı bir yapı arz etmiştir. Mühendishânelerde dinî ve ahlâkî içerik daha çok teknik öğretimi destekleyen tamamlayıcı bir unsur olarak yer alırken, Mekteb-i Harbiye'de kabul şartları, okutulan eserler, ibadet düzeni ve okul hayatı içinde daha görünür bir nitelik kazanmıştır. Askerî idadiler ve rüştiyeler ise temel dinî-ahlâkî formasyonun daha sistemli biçimde verildiği hazırlayıcı kurumlar olarak öne çıkmıştır. Bahriye Mektebi'nde ise dinî bilgi, okul hayatının yanında mezuniyet ve mesleğe geçiş sürecinde de dikkate alınan bir unsur olmuştur.

Müfredat, ders adları ve okutulan kitaplar incelendiğinde din eğitimi anlayışındaki değişim daha belirgin hâle gelmektedir. Harbiye'nin erken dönemlerinde Nûrü'l-Îzâh, Dürr-i Yektâ ve Halebî gibi klasik dinî metinlerin okutulması, askerî okul sisteminin başlangıçta geleneksel ilmî birikimle bağını koruduğunu göstermektedir. Zamanla Harbiye'nin teknik ve meslekî yönü güçlenmiş; temel dinî ve ahlâkî eğitim askerî idadi ve rüştiye kademelerinde daha yoğun biçimde yürütülmüştür. Bu durum, din eğitiminin askerî okul sisteminde kademelere göre yeniden düzenlendiğini ortaya koymaktadır.

Askerî rüştiyelerde İlmihal-i Sağîr, İlmihal-i Kebîr, Vesîletü'n-Necât ve Dürr-i Yektâ Şerhi gibi eserlerin sınıf seviyelerine göre okutulması, din eğitiminin basitten ayrıntılıya doğru ilerleyen kademeli bir öğretim modeliyle verildiğini göstermektedir. Özellikle Vesîletü'n-Necâtta cihad, ulu'l-emre itaat, nöbet, silah talimi ve askerî vazife gibi konulara yer verilmesi, din eğitiminin askerî disiplin ve görev bilinciyle ilişkilendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede din eğitimi, bireysel ibadet bilgisi kazandırmanın yanında askerî mesleğin gerektirdiği sadakat, itaat, fedakârlık ve manevî dayanıklılık gibi değerlerin desteklenmesine de katkı sağlamıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde Osmanlı askerî okullarında din eğitimi anlayışı, modernleşme sürecinde yeni bir kurumsal ve pedagojik çerçeve kazanmıştır. Klasik dönemde ocak kültürü, gazâ anlayışı ve kıta içi dinî uygulamalarla sürdürülen manevî terbiye, askerî okulların gelişmesiyle birlikte ders programı, sınıf düzeni, imtihan, ders kitabı ve öğretmen kadrosu içinde daha sistemli bir yapıya kavuşmuştur. Bu dönüşüm, din eğitiminin askerî eğitim içindeki işlevinin değiştiğini; ahlâk, disiplin, sadakat, vazife bilinci ve kurumsal aidiyetle daha güçlü biçimde ilişkilendirildiğini göstermektedir.

Sonuç olarak Osmanlı askerî okullarında din eğitimi, askerî modernleşme sürecinde teknik ve meslekî eğitimi tamamlayan önemli bir formasyon alanı olarak varlığını sürdürmüştür. Bu eğitim, öğrencilerin yalnızca dinî bilgi edinmelerine katkı sağlamamış; aynı zamanda onların askerî kimlik, ahlâkî karakter, disiplin anlayışı ve devlet otoritesine bağlılık bilinci kazanmalarında da etkili olmuştur. Bu yönüyle askerî okullarda din eğitimi, Osmanlı modernleşmesinin dinî ve ahlâkî boyutunu anlamak açısından dikkate değer bir inceleme alanı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Akyüz, Y. (2025). *Türk eğitim tarihi*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Aydın, A. (2022). *Tanzimat'tan cumhuriyet'e osmanlı devleti'nde askeri okullarda din eğitimi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / Felsefe ve Din Bilimleri Ana Bilim Dalı.

Berkes, N. (2025). *Türkiye'de Çağdaşlaşma*. (A. Kuyaş, Ed.). Yapı Kredi Yayınları.

Beydilli, K. (2006a). Mühendishâne-i Bahrî-i Hümâyun. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. İstanbul: TDV Yayınları.

Beydilli, K. (2006b). Mühendishâne-i Berrî-i Hümâyun. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. İstanbul: TDV Yayınları.

Bilgin, N. (2021). Osmanlı devleti'nde mekteb-i harbiye. *Genel Türk Tarihi Araştırmaları Dergisi*, *3*(5), 133-154.

Cerrah, N. İ. (2010). *Son Dönem Osmanlı İlmihallerinden Vesiletün-Necât, Musahhah Dürr-i Yektâ ve İlmihal'in Değerlendirme ve Latinizesi*. (Yüksek lisans tezi). https://kutuphane.isam.org.tr/detayilhtezt.php?navdil=tr&tidno=13610 adresinden erişildi.

Çeliktaş, H. S. (2017). *Osmanlı yüksek din eğitimi anlayışının değişimi (XIX. ve XX. Yüzyıllarda)*. (Thesis). https://kutuphane.isam.org.tr/detayilhtezt.php?navdil=tr&tidno=18305&BilimDali=Din adresinden erişildi.

Çoştu, K. (2020). *1826'dan 1945'e askerin din eğitimi ve din dersi kitapları* (1. bs.). Ankara: Araştırma Yayınları.

Ergin, O. (1977). *Türkiye maarif tarihi*. İstanbul: Osmanbey Matbaası.

Eser, G. (2005). *Mekteb-i Harbiye'nin Türkiye'de modern bilimlerin gelişmesindeki yeri (1834-1876)*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe Anabilim Dalı Bilim Tarihi Bilim Dalı, İstanbul.

Geçili, D. (2017). Osmanlı devleti donanmasına imam tayin edilmesi. *İslam Tarihi Araştırmaları Dergisi*, (2), 1-17.

Gülmez, A. (2021). Osmanlı Devleti'nde İdâdîler. *Sinerji Uluslararası Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, *2*(2), 106-131.

İgüs, E. (2022). Askerî idâdîler. *Türk Maarif Ansiklopedisi*.

Kaçar, M. (1998). Osmanlı İmparatorluğu'nda askeri teknik eğitimde modernleşme çalışmaları ve mühendishanelerin kuruluşu (1808'e kadar).

Mehmed Esad. (1310). *Mir'ât-ı Mekteb-i Harbiye*. Artin Asaduryan Şirket-i Mürettibiye Matbaası.

Mızrakçı, M. (2017). *Kuleli askerî lisesinin türk eğitim tarihindeki yeri ve uygulanan eğitim-öğretim faaliyetleri (ilk yüzyıl 1845-1945)*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özkat, M. ve Akça, İ. (2007). *Dünden Bugüne Kuleli Askeri Lisesi*. İstanbul: Kuleli Askeri Lisesi Matbaası.

Patoğlu, E. B. (2018). *Osmanlı devleti'nde askeri rüştiyeler*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Gaziantep Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / Tarih Ana Bilim Dalı.

Sarı, N. (2004). Mekteb-i Tıbbiyye. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. Ankara: TDV Yayınları.

Somel, S. A. (2019). *Osmanlı'da eğitimin modernleşmesi (1839-1908): İslamlaşma, otokrasi ve disiplin*. İstanbul: İletişim Yayınları.

Şanal, M. ve Demir, T. (2012). Heybeliada bahriye mektebi ve türk eğitim tarihindeki yeri. *Belleten, 76*(275), 167-206. doi:10.37879/belleten.2012.167

Türkmen, Z. (2015). XIX. Yüzyıl Askerî Yenileşme Devri Eğitim-Öğretim Kurumlarından Mekteb-i Harbiye-i Şahane (Sultan II. Mahmut ve Sultan Abdülmecit Dönemleri). *III. Uluslararası Osmanlı İstanbulu Sempozyumu* içinde (ss. 133-162). III. Uluslararası Osmanlı İstanbulu Sempozyumu, sunulmuş bildiri, İstanbul: İstanbul 29 Mayıs Üniversitesi Yayınları.

Yakıtal, E. (1991). Bahriye Mektebi. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. İstanbul: TDV Yayınları.

Yıldız, G. (2022, 18 Aralık). Mekteb-i harbiye. *Türk Maarif Ansiklopedisi*.

ÂTİKE BİNTİ ZEYD VE HAKKINDA KAYNAKLARDA ZİKREDİLEN BİR YANLIŞIN TASHİHİ

Doç. Dr. Hikmet Gültekin

Uşak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, Temel İslam Bilimleri Bölümü Hadis Anabilim Dalı, UŞAK

Orcid: 0000-0001-9634-4681

ÖZET

Cahiliye döneminde tevhid inancını benimseyen nadir şahsiyetlerden biri Zeyd b. Amr'dır. Müşrik inanç ve uygulamalardan uzak durarak hakikati arayan ve Hz. İbrâhim'in dini üzere yaşamaya çalışan bu Hanîf şahsiyetin çocuklarından biri Saîd b. Zeyd (ra.) olup Aşere-i mübeşşere arasında yer almaktadır. Diğer çocuğu ise Âtike bint Zeyd'dir.

Âtike bint Zeyd (r.anhâ), güzelliğiyle birlikte zekâsı, bilgisi ve şiir kabiliyetiyle temayüz etmiş bir sahâbî hanımdır. Bu özellikleri sebebiyle birçok sahâbî ile evlilik yaptığı rivayet edilmiştir. Kaynaklarda onun Hz. Hüseyin ile evlendiği ve Kerbelâ hadisesinde yanında olduğunna dair aktarımlar bulunsa da bu rivayetlerin tarihî bir karışıklık veya isim benzerliğinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Âtike bint. Zeyd, İnanmak, Örneklik, Evlilik, Bir Yanlışın Düzeltilmesi.

ÂTİKE BINT ZEYD AND THE CORRECTION OF AN ERROR MENTIONED IN THE SOURCES REGARDING HER

SUMMARY

One of the rare figures who embraced the belief in the Oneness of God during the pre-Islamic era was Zayd b. Amr. This Hanif figure, who sought the truth by distancing himself from polytheistic beliefs and practices and strove to live according to the religion of Prophet Abraham, had a son named Sa'id b. Zayd (ra.), who is among the Ten Promised Paradise. His other child was Ātika bint Zayd.

Ātika bint Zayd (may Allah be pleased with her) was a female Companion distinguished not only by her beauty but also by her intelligence, knowledge, and poetic talent. Due to these qualities, it is reported that she was married to several Companions. Although some sources mention that she married Hz. Husayn and was by his side during the Battle of Karbala, these accounts are generally considered to stem from historical confusion or a similarity in names.

Keywords: Âtike bint Zeyd, Faith, Exemplary Conduct, Marriage, Correction of an Error.

GİRİŞ

İslâm öncesi Mekke toplumunun dinî ve idarî yapısı, başlangıçta Hz. İbrâhim'in tevhid inancına dayanan Hanîf geleneğinin izlerini taşımakla birlikte, zaman içerisinde bu saf monoteist çizginin çeşitli şirk unsurlarıyla aşındığı görülmektedir. Rivayetlerde, bu dönüşüm sürecinde Kâbe'nin idaresinde etkin rol oynayan Amr b. Lühay'ın belirleyici bir konuma sahip olduğu aktarılmaktadır. Söz konusu şahsın, bir yolculuk esnasında Belkâ bölgesindeki Meâb'da Amâlika kavminin[1] putlara tazim ederek onları Allah'a

[1] Tevrat'a göre Amâlika dünyanın en eski milleti olup (Sayılar, 24/20) anayurdu Akabe körfezi ile Lut gölü arasında yer alan Edom ülkesidir (Tekvîn, 36/16). Eski Ahid'in diğer kitaplarına göre de Amâlika'nın yayıldığı sahanın Lut gölünün batısındaki Necef (Neceb, Necev) çölünden itibaren Mısır'a kadar Sînâ yarımadası ve Necid dahil Kuzey Arabistan'ın tamamı olduğu kabul edilmektedir (bk. *IDB*, I, 101). İslâm tarihçileri ise bu alanı çok daha geniş tutmakta ve Âd, Semûd, Medyen gibi Arabü'l-âribe'den (öz Arap) saydıkları Amâlika'nın, başlangıçta

yakınlaşmaya vesile kıldıklarını görmesi, Arap yarımadasındaki dinî anlayışın seyrinde önemli bir kırılma noktası olarak kabul edilmektedir.

Bu tecrübenin ardından Amr b. Lühay'ın, Amâlika'dan temin ettiği kırmızı akikten yapılmış bir putu Mekke'ye getirerek Zemzem Kuyusu'nun üst kısmında, Kâbe'ye yakın bir noktaya yerleştirdiği ve halkı bu puta hürmet etmeye davet ettiği rivayet edilmektedir. Bu süreçle birlikte putperestlik anlayışı, yalnızca bireysel bir uygulama olmaktan çıkarak toplumsal bir nitelik kazanmış; putların Allah'a yaklaşmada aracılar olduğu yönündeki inanç Mekke toplumunda giderek yaygınlık göstermiştir. Neticede Hz. İbrâhim'in tevhid esasına dayalı Hanîf geleneği, zaman içerisinde yerini şirk temelli bir dinî yapıya bırakmış ve bu dönüşüm Arap yarımadasının İslâm öncesi dinî tarihinde köklü bir değişimin göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu süreç, Mekke toplumunun dinî zihniyetinde meydana gelen kırılmanın temel aşamalarından biri olarak kabul edilmektedir (bk. TDV İslâm Ansiklopedisi, "Amr b. Lühay", erişim: 26.03.2023).

Mekkeliler kendilerini genel anlamda Hanif olarak görseler de Allah'ın İbrahim Peygamber'e vahyettiği şu tavsiyeden çok uzaklaşmışlardı:

"İbrâhim'i Beytullah'ın bulunduğu yere yerleştirdiğimizde de şöyle demiştik: "Bana hiçbir şeyi ortak koşma; tavaf edenler, kıyamda duranlar, rükûa ve secdeye varanlar için evimi tertemiz tut. İnsanlara hac ibadetini duyur gerek yaya olarak gerekse yorgun argın develer üzerinde uzak yollardan gelerek sana ulaşsınlar. Böylece kendileri için faydalı olan şeyleri açık seçik görsünler ve Allah'ın onlara rızık olarak verdiği, belirlenen günlerde kesecekleri kurbanlık hayvanlar üzerine O'nun adını ansınlar. Artık onlardan hem kendiniz yiyin hem sıkıntı içindeki yoksulları doyurun." (el-Hacc, 22/26-28).

Arap yarımadasında ve özellikle Mekke toplumunda dinî yapı zaman içerisinde belirgin bir dönüşüm geçirerek tevhid merkezli Hanîf geleneğinden uzaklaşmış, buna bağlı olarak putperest inanç ve uygulamalar yaygınlık kazanmıştır. Bununla birlikte İslâm öncesi dönemde, mevcut dinî çevreyi eleştiren ve Hz. İbrâhim'e nispet edilen tevhid çizgisinden uzaklaşmayı bir sapma olarak değerlendiren bazı fertlerin varlığı da kaynaklarda zikredilmektedir. Bu kişiler, toplumun hâkim dinî anlayışına itibar etmeyerek hakikati aramış ve bu arayış neticesinde tevhid inancına yahut semavî dinlerden birine yönelmişlerdir.

Bu bağlamda Hz. Hatice'nin akrabası Varaka b. Nevfel, Osman b. Huveyris ve Ubeydullah b. Cahş gibi şahısların Hristiyanlığı (Nasrâniyye) benimsedikleri; Hz. Ömer'in amcası Zeyd b. Amr b. Nüfeyl'in ise putperestliği reddederek Hanîf geleneğine daha yakın bir tevhid anlayışı içinde yaşadığı belirtilmektedir (İbn Kesîr, 1994, 2/388). Söz konusu isimler, İslâm öncesi Mekke'de tevhid arayışının tamamen ortadan kalkmadığını, aksine sınırlı da olsa farklı şekillerde varlığını sürdürdüğünü göstermesi bakımından önem arz etmektedir. Bunların dışında, bazı kaynaklarda tevhid inancına sahip oldukları ifade edilen Kus b. Sâide, Ümeyye b. Ebü's-Salt ve Hâlid b. Sinân el-Absî gibi şahsiyetler de bu çerçevede zikredilmektedir. Bu isimler, İslâm öncesi Arap toplumunda dinî arayışın yalnızca Mekke ile sınırlı olmadığını, yarımadanın farklı bölgelerinde de benzer eğilimlerin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu isimlerden Zeyd b. Amr, Âtike'nin (r.anhâ) babasıydı.

Zeyd b. Amr, câhiliye toplumunda yaygınlık kazanmış birçok örf ve uygulamadan uzak durur; özellikle zina gibi ahlâk dışı fiillere karşı insanları uyarırdı. Bunun yanında, kız çocuklarını utanç yahut fakirlik korkusuyla diri diri toprağa gömmek isteyen kimselere engel olmaya çalışır, bu durumla karşılaştığında söz konusu çocukların babalarına, onları himaye etmeyi; yetiştirip daha sonra ailelerine iade etmeyi veya bütün geçimlerini üstlenerek onları yetişkinlik çağına ulaşıncaya kadar koruyup gözetmeyi teklif ederdi.

Zeyd b. Amr, putlara ibadet etmeyi de bütünüyle terk etmişti. Rivayetlere göre o, "Allah'ım! Sana kulluk hususunda en çok sevdiğin kimsenin kim olduğunu bilseydim, ben de sana onun ibadet ettiği şekilde ibadet ederdim; fakat ben böyle birini tanımıyorum." dedikten sonra bineği üzerinde Kâbe'ye yönelerek

Bâbil çevresinde otururken Bâbil Kulesi'nin yıkılmasından sonra Hicaz'a göç ettiklerini, oradan da Necid, Teymâ, Uman, Bahreyn, el-Cezîre (Irak), Suriye, Filistin, Mısır ve İfrîkıye (Tunus) bölgelerine yayıldıklarını kabul etmektedirler. Rivayete göre Allah, Bâbil Kulesi'nde dilleri birbirine karıştırdıktan sonra Amâlika'ya Arapça öğretmiş, böylece tekrar konuşmaya başlayan ilk millet Amâlika olmuştur. Bk. https://islamansiklopedisi.org.tr/amalika. Erişim: 29.5.2026.

secde eder ve şöyle derdi: "Benim Rabbim, İbrâhim'in Rabbidir; benim dinim de İbrâhim'in dinidir." Bu ifadeler, onun Hz. İbrâhim'in tevhid esasına dayalı Hanîf geleneğine bağlı kalma hususundaki samimiyetini ve putperest inançlardan bilinçli biçimde uzak durduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Nitekim o, câhiliye dönemini anlattığı bir şiirinde şöyle demektedir:

"İşler taksim edilirken ben binlerce rabbe mi, yoksa bir tek Rabbe mi kulluk edeceğim? Ben Lât'ı da Uzzâ'yı da terk ettim. Azim ve sebat sahibi kimseler işte böyle davranır. Ne Uzzâ'ya ne onun iki kızına ibadet ederim; Amroğulları'nın putlarını da ziyaret etmem. Uzun bir müddet ilâhımız kabul edilen Ganem'e de tapınmam. Zira onlara kulluk ettiğimiz dönemlerde ben, hakikati idrak edemeyen bir kimseydim…" (İbn Kesîr, 1994, 2/380-388).

Sahâbeden Âmir b. Rebîa'nın naklettiğine göre Zeyd b. Amr, farklı din mensupları ve bilginlerden edindiği bilgileri kendisine aktararak şöyle demiştir: "Ben, İsmâil neslinden ve Abdülmuttaliboğulları arasından çıkacak bir peygamberin gelişini bekliyorum. Ancak onun zamanına erişebileceğimi sanmıyorum. Bununla birlikte ona iman ediyor ve peygamberliğini tasdik ediyorum. Eğer senin ömrün ona yetişirse, benim selâmımı kendisine ulaştır. Sana onun bazı vasıflarını anlatayım ki gördüğünde onu tanımakta güçlük çekmeyesin."

Âmir b. Rebîa'nın rivayetine göre Zeyd daha sonra sözlerine şöyle devam etmiştir: "O ne aşırı derecede uzun ne de kısa boylu olacaktır. Saçları ne çok kıvırcık ne de tamamen düz olacaktır. Gözlerinde hafif bir kızıllık bulunacaktır. İki omzu arasında nübüvvet mührü yer alacaktır. Adı Ahmed'dir. Bu şehirde doğacak, yine burada peygamberlikle görevlendirilecektir. Ancak kavmi, getirdiği dine karşı çıkacak ve onu bulunduğu yerden çıkaracaktır. Bunun üzerine Medine'ye hicret edecek ve dini orada yayılacaktır. Sakın ona karşı tereddüde düşmeyesin. Çünkü ben, İbrâhim'in dinini araştırmak amacıyla birçok beldeyi dolaştım. Bu hususta kendilerine soru sorduğum Yahudi, Hristiyan ve Mecûsî bilginlerin tamamı bana, aradığım dinin yakında zuhur edeceğini söylediler. Ayrıca onlar, bu peygamberin vasıflarını da sana anlattığım şekilde tarif ederek, ondan sonra başka bir peygamber gelmeyeceğini bildirdiler."

Âmir b. Rebîa, Müslüman olduktan sonra Zeyd'in bu sözlerini ve selâmını Hz. Peygamber'e ilettiğini, Resûlullah'ın da onun selâmını kabul ettiğini ve Zeyd hakkında şefkat ve rahmet ifade ederek: "Onu cennette eteklerini sürüyerek dolaşırken gördüm." buyurduğunu nakletmektedir (İbn Kesîr, 1994, 2/384).

Tabiûn neslinin önde gelen âlimlerinden Saîd b. el-Müseyyeb, Zeyd b. Amr hakkında yaptığı bir değerlendirmede onun, Hz. Peygamber'e risalet görevinin verilmesinden yaklaşık beş yıl önce, Kâbe'nin yeniden inşa edildiği dönemde vefat ettiğini belirtmiştir. Aynı rivayete göre Zeyd'in oğlu Saîd daha sonra İslâm'ı kabul etmiş ve Hz. Peygamber'e tabi olmuştur.

Ömer b. el-Hattâb'ın da Müslüman olmasından sonra Saîd b. el-Müseyyeb'in nakline göre, Hz. Peygamber'e Zeyd'in durumu sorulmuş; Resûlullah ise "Allah, Zeyd b. Amr'a rahmet etsin; o, İbrâhim'in dini üzere vefat etmiştir." buyurarak ona rahmet dilemiştir. Saîd b. el-Müseyyeb bu rivayeti aktarırken, bu olaydan sonra Müslümanlar arasında Zeyd'in adı anıldığında ona rahmet okunup bağışlanması için istiğfar edilmesinin bir gelenek hâline geldiğini de ifade etmektedir (İbn Sa'd, 2001, 3/353-354).

Bununla birlikte bazı rivayetlerde Zeyd'in, Şam yolculuğu sırasında Hz. Peygamber hakkında kesin bir kanaate ulaştıktan sonra Mekke'ye dönüşü esnasında yolda vefat ettiği veya öldürüldüğü, cenazesinin ise Hira dağı eteklerinde defnedildiği de zikredilmektedir (İbn Sa'd, 2001, 3/354). Bu farklı rivayetler, onun hayatının son dönemine dair tarihî aktarım çeşitliliğini göstermesi bakımından dikkat çekicidir.

Âtike bint Zeyd'in Ailesi ve Müslüman Oluşu

Âtike'nin babası Zeyd b. Amr b. Nüfeyl, annesi ise Fâtıma bint Ba'ce b. Ümeyye b. Huveylid b. el-Ya'mûr b. Hayyân b. Ğunem b. Müleyh el-Huzâiyye idi. Mensup olduğu aile, Kureyş kabilesinin itibarlı kollarından biri olan Adîoğulları'na dayanmakta olup Mekke toplumunda elçilik görevleriyle temayüz etmiş, şeref, itibar ve dirayet sahibi bir sülale olarak tanınmıştır.

Zeyd'in babası Nüfeyl ise özellikle ihtilaflı meselelerde hakemliğine başvurulan, görüşüne güven duyulan ve nüfuz sahibi bir şahsiyet olarak öne çıkmıştır. Nitekim Hz. Peygamber'in dedesi Abdülmuttalib ile Ebû Süfyân'ın babası Harb b. Ümeyye arasında meydana gelen bir anlaşmazlıkta tarafların onun hakemliğine müracaat ettikleri ve verdiği hükme rıza gösterdikleri rivayet edilmektedir.

O dönemde Arap toplumunda merkezi bir devlet otoritesinin, resmî mahkemelerin veya kurumsallaşmış bir hukuk sisteminin bulunmaması sebebiyle, insanlar karşılaştıkları ihtilaflarda Nüfeyl gibi basiret sahibi, akl-ı selîm ile hareket eden ve diplomatik yönü güçlü kimselerin hükmüne müracaat ederlerdi. Bu şahısların verdiği kararlar ise toplum nezdinde büyük ölçüde kabul görür ve bağlayıcı bir mahiyet taşırdı.

İlk Müslümanlardan Saîd b. Zeyd (ra.), Âtike'nin anne baba bir kardeşiydi. Saîd (ra.), Hz. Ömer'in kızı olan ve aynı zamanda kendi amcasının kızı konumundaki Fâtıma ile evlenmişti (Zehebî, 1987, 4/222). Kendisi ve eşi, henüz yirmi yaşlarının altındayken İslâm'la şereflenmişlerdir. Saîd b. Zeyd (ra.), ilk Müslümanlardan olmasının yanı sıra, Aşere-i mübeşşere arasında yer almış ve cennetle müjdelenen on sahabeden biri olmuştur. Pek çok gazvede Hz. Peygamber'in yanında bulunmuş, ayrıca Rıdvan Biatı'na da iştirak etmiştir (Zehebî, 1988, 1/124).

Kaynaklarda Âtike'nin Müslüman oluşuna dair müstakil ve ayrıntılı bir rivayete rastlanmamakla birlikte, onun kardeşi Saîd b. Zeyd ile birlikte Medine'ye ilk hicret edenlerden olduğu ve İslâm ile Mekke döneminde şereflenen ilk isimler arasında yer aldığı anlaşılmaktadır.

Âtike bint Zeyd'in Evlilikleri

Âtike bint Zeyd, güzelliği, zekâsı ve ilmî birikimiyle temayüz etmiş, bu özellikleri sebebiyle döneminde birçok kimsenin evlenmek istediği bir şahsiyet olarak kaynaklarda zikredilmiştir. Rivayetlere göre onunla sırasıyla Hz. Ebû Bekir'in oğlu Abdullah (ra.), Hz. Ömer, Zübeyr b. Avvâm ve Hz. Hüseyin ile evlilik yaptığı belirtilmektedir (M. Zihni, 1982, 2/28). Bununla birlikte bazı İslâm tarihi kaynaklarında Âtike'nin Hz. Hüseyin ile evlendiği ve Kerbelâ hadisesinde onun yanında bulunduğu yönündeki rivayetler yer almakta ise de bu bilginin tarihî açıdan isabetli olması söz konusu değildir.

Söz konusu evlilikler, erken dönem Arap toplumunun evlilik anlayışını yansıtması bakımından da dikkat çekicidir. Bu dönemde evlilikte temel belirleyici unsur, tarafların önceki evlilik durumlarından ziyade ahlâkî, sosyal ve kişisel meziyetler olarak kabul edilmekteydi. Dolayısıyla çoklu evlilik örnekleri, dönemin toplumsal şartları içerisinde olağan bir uygulama olarak görülmekteydi. Ancak modern dönem sosyal yapılarında bu tür evliliklerin algılanışı farklılık gösterebilmekte ve tarihî bağlamından koparılarak değerlendirildiğinde anakronik yorumlara zemin hazırlayabilmektedir.

Bu çerçevede tarihî olayların değerlendirilmesinde, dönemin sosyal, kültürel ve ekonomik şartlarının dikkate alınması gerektiği açıktır. Aksi hâlde, geçmiş toplumların evlilik pratikleri ve sosyal ilişkileri günümüz değer yargılarıyla yorumlandığında, tarihî bağlamdan uzak ve sağlıklı olmayan sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Evliliğin sosyal ve ekonomik boyutları dikkate alındığında, birçok toplumda bu kurumun yalnızca duygusal bir birliktelik değil, aynı zamanda belirli menfaat, sorumluluk ve toplumsal düzen unsurlarını da içeren bir yapı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte aile kurumunun doğası gereği anne ve babalar, çocuklarının geleceği açısından en uygun ve sağlıklı tercihleri yönlendirme eğiliminde olsalar da ergin bireylerin kendi hayatlarına dair kararları nihayetinde kendilerine aittir. Bu tür kararlar toplumsal düzlemde farklı değerlendirmelere konu olsa bile, hukukî meşruiyet ve rasyonel bir gerekçeye dayanması hâlinde saygıyla karşılanabilir. Nitekim bazı bireyler evlilikte mutluluğu yaş gibi biyolojik ölçütlerde değil; ekonomik imkânlar, sosyal statü veya kişisel beklentiler gibi farklı unsurlarda arayabilmektedir. Bu tür tercihler, yürürlükteki hukuk düzeni tarafından da meşru kabul edildiği takdirde, esas itibarıyla bireyin şahsî alanı içerisinde değerlendirilebilir. Bu noktada, evliliğe dair kararların toplumsal yargılardan ziyade hukuki meşruiyet ve bireysel tercih özgürlüğü çerçevesinde ele alınması gerektiği düşünülebilir.

İlk Eş

Âtike'nin ilk eşi Hz. Ebû Bekir'in oğlu Abdullah'tır. Abdullah ona öylesine bağlıydı ki zamanla işlerini aksatır hâle gelmiş, Allah yolunda cihadı ihmal eder olmuş, hatta bir rivayete göre onunla meşguliyetinden dolayı bir defasında Cuma namazını dahi kaçırmıştır. Durumu fark eden babası Hz. Ebû Bekir, ona "Bu kadından boşan. Zira bu kadın senin hem dinine hem de dünyana engel olmaktadır." şeklinde nasihatte bulunmuş; bunun üzerine Abdullah Âtike'yi bir talakla boşamıştır. Ancak Abdullah ayrılığa uzun süre tahammül edememiş, bu defa pişmanlığını dile getiren mersiyeler söylemeye ve hasretini ifade eden şiirler yazmaya başlamıştır. Bunun üzerine Hz. Ebû Bekir, oğlunun bu durumunu dikkate alarak yeniden evliliğe dönmesine rıza göstermiştir. Böylece Abdullah için ayrılık acısı yerini yeniden kavuşmanın sevincine bırakmış; yazdığı şiirlerde bu kez aşk ve mutluluk temaları ön plana çıkmıştır.

Ne var ki bu huzur uzun sürmemiştir. Abdullah b. Ebû Bekir, Taif muhasarası sırasında aldığı bir ok yarası sebebiyle vefat etmiş; bunun ardından bu defa yas ve mersiye dönemi Âtike için başlamıştır. Şiir olan Âtike, eşinin kahramanlığını, faziletini ve cesaretini anlatan beyitler söyleyerek ona olan özlemini şu şekilde dile getirmiştir:

"Nebilerinden ve Ebû Bekir'den sonra insanların hayırlısıyla

Musibete ben oldum düçar hiç kusuru olmayan birisiyle

…

Gözlerim, artık durdukça dünya sana ağlayıp hararetlenmekten

Yemin etmişim elem dolu olmaya senin tesir-i mateminden"

Âtike'nin eşi Abdullah (ra.), vefatından önce "Benden sonra başkasıyla evlenme" şartıyla ona bir bahçe bağışlamıştı. Buna rağmen şiir söyleyebilen, akıllı ve asil bir kadın olan Âtike'ye birçok evlenme teklifi yapılmaktaydı. Bu bağlamda Hz. Ömer'in kardeşi Zeyd ile evlendiğine dair bazı rivayetler bulunmakla birlikte, bu bilginin sahih olmadığı değerlendirilmektedir.

Diğer Evlilikleri

Hicrî on ikinci yılda Âtike'ye ilk evlilik teklifini götüren kişi, amcasının oğlu Hz. Ömer olmuştur. Hz. Ömer'in onu hem beğendiği hem de sevdiği nakledilmektedir (C. Yusuf, 2004, 224). Âtike ise, "Ölen eşim bana başkasıyla evlenmemem şartıyla bir bahçe bağışladı; böyle bir şart varken senin teklifini nasıl kabul edebilirim?" diyerek tereddüdünü ifade etmiştir. Bunun üzerine Hz. Ömer, konunun Hz. Ali'ye arz edilmesini ve fetva sorulmasını tavsiye etmiş veya kendisi fetva vermiştir.

Hz. Ali'nin, İslâm hukukunda bir konuda verilen söz veya edilen yeminin, daha hayırlı bir durum söz konusu olduğunda bozulabileceği ve bunun kefaretinin ödenmesi gerektiği yönündeki görüşü doğrultusunda mesele değerlendirilmiştir. Nihayetinde Âtike, önceki eşinin şart koştuğu bahçeyi Abdullah'ın (ra.) varislerine bırakarak Hz. Ömer ile evlenmiştir.

Âtike, Hz. Ömer'in öfkelendiğinde karşısındakine sert davranabileceğini bildiğinden, evlilik öncesinde kendisine el kaldırmaması ve camiye gitmesine engel olmaması yönünde bazı şartlar ileri sürmüş, Hz. Ömer de bu şartları kabul etmiştir. Hz. Ömer kıskanç bir eş olarak bilindiğinden, toplum içinde ve özellikle camiye gidiş gelişlerinde eşinin dikkat çekmesinden hoşlanmasa da bu duruma katlanmak durumunda kalmıştır. Hz. Peygamber döneminde kadınların camiye devam ettiği bilinmekle birlikte, Medine'nin giderek artan nüfusu ve sosyal yapısındaki değişimlere bağlı olarak bazı güvenlik ve toplumsal düzen sorunlarının ortaya çıktığı da ifade edilmektedir.

Ne var ki Hz. Ömer, Ebû Lü'lü Fîrûz en-Nihâvendî adlı bir köle tarafından sabah namazı sırasında uğradığı suikast sonucu şehit edilince, Âtike hem eşini hem de amca oğlunu kaybetmenin derin acısını yaşamıştır.

Hz. Ömer'in vefatından sonra Âtike'ye, Aşere-i mübeşşere'den ve Hz. Peygamber'in halasının oğlu olan Zübeyr b. Avvâm (ra.) talip olmuş, Âtike onunla da evlenmiştir. Nitekim Hendek Savaşı günlerinde Hz. Peygamber'in onun hakkında söylediği "Her peygamberin bir havarisi vardır; benim havarim de Zübeyr'dir" (Buhârî, "Megâzî", 29; Müslim, "Fedâilü's-sahâbe", 48) ve "Annem babam sana feda

olsun, ey Zübeyr!" (Müslim, "Fedâilü's-sahâbe", 49) şeklindeki övgüleri, onun İslâm tarihindeki seçkin konumunu ortaya koymaktadır.

Ancak tatsız Cemel Vakası'nın ardından Zübeyr (ra.), Hz. Ali'ye muhalif olanlardan ayrılarak Medine'ye dönüş yolunda iken, bir mola esnasında Amr b. Cürmûz tarafından şehit edilmiştir. Eşkıya kılıklı İbn Cürmûz, Medine'ye dönüş yolunda bir ağacın altında uyuduğu sırada onu fırsat bilerek Zübeyr b. Avvâm'ı şehit etmiş, ardından başını keserek "belki bir bahşiş alırım" ümidiyle getirmiştir. Ancak Hz. Ali, bu durum kendisine arz edildiğinde, "Zübeyr'in katiline cehennemlik olduğunu haber veriniz" şeklinde bir değerlendirmede bulunmuştur.

Daha sonrasında Hz. Ali, Âtike ile evlenmeye niyetlenmiş; bu düşüncesini kendisine açtığında Âtike, "Ey müminlerin emiri, ben her kiminle evlendiysem öldürüldü; sizi de bu duruma düşürmek istemem" diyerek karşılık vermiştir. Bu cevap, Hz. Ali'nin evlenme niyetinden vazgeçmesine yetmiştir.

Âtike'nin evlilikten yana pek de bahtının yaver gitmediği, güzel, ibadete düşkün ve ashabın ileri gelenleriyle evlilikler yapmış olmasına rağmen mutluluğunun daima yarım kaldığı görülmektedir. Bu yönüyle, evliliklerinin her birinin akıbeti dikkate alındığında, onun hayatı daha çok hüzün ve ayrılıklarla anılan bir çizgide seyretmiştir.

Bu durumu dramatik bir şekilde ifade etmek üzere üvey oğlu Abdullah b. Ömer'e (r.anh) nispet edilen şu söz nakledilmektedir: "Her kim şehitlik mertebesini kazanmak isterse Âtike ile evlensin" (M. Zihni, 1982, 2/28-34).

Kaderde insanın iradesi dışında gelişen olaylara "neden" diye sorulmaz; isyan da edilmez. Ancak bütün eşleri şehit olup ömrünün ilerleyen dönemlerinde yine yalnız kalan Âtike'nin durumu, daha çok onun toplumun en etkin ve lider konumundaki kişilerle evlilikler yapmasıyla ilişkilendirilebilir. Zira kargaşa ve çatışma dönemlerinde ölüm, çoğu zaman ilk olarak bu tür kimseleri bulur. Onlar toplumun en önünde yer alan, her türlü riski doğrudan üstlenen ve olayların merkezinde bulunan şahsiyetlerdir.

Eğer Âtike'nin evlendiği kişiler daha sıradan kimseler olsaydı, muhtemelen bu ölçüde ayrılık yaşamayacak, bu kadar mersiye ve hüzünle anılan bir hayat sürmeyecekti. Belki daha sade ve sakin bir ömür içerisinde mutluluğu daha uzun süre hissedecek, fakat aynı zamanda tarihî anlatılarda bu derece görünür bir yer edinmesi de mümkün olmayacaktı.

Bir Yanlışın Tashihi: Âtike (r.anhâ) ve Hz. Hüseyin'in Evliliği

Bazı kaynaklar, Âtike'nin Hz. Ömer'den sonra vefat edinceye kadar başka bir evlilik yapmadığını ifade etmekle birlikte (C. Yusuf, 2004, 226), kaynaklarda onun evlilikleri hakkında zaman zaman abartılı ve ihtilaflı anlatımlara da rastlanmaktadır. Nitekim bazı rivayetlerde Hz. Hasan ile evlendiği, bazı kaynaklarda ise Hz. Hüseyin ile evlilik yaptığı iddia edilmektedir.

İslâm tarihi kaynaklarında yer alan bazı anlatımlara göre, Zübeyr b. Avvâm'dan (ra.) sonra aradan geçen zaman ve yaş farkına rağmen Hz. Hüseyin'in de Âtike ile evlenmek istediği ve bu evliliğin gerçekleştiği ileri sürülmektedir. Hatta bazı rivayetlerde Kerbelâ hadisesi esnasında Hz. Hüseyin'in şehit edilmesinin ardından, onun yere düşen yanağını kaldırmanın da Âtike'ye nasip olduğu; bütün eşleri için mersiye yazdığı nakledilen Âtike'nin, Hz. Hüseyin için de bir mersiye kaleme aldığı ifade edilmektedir.

Bu husus, muhtelif İslam tarihi kaynakları yanında Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi'nde de şu şekilde aktarılmaktadır: "Yine bazı kaynaklarda Âtike'nin Hz. Ali'nin oğlu Hüseyin'le evlendiği ve hatta Kerbelâ'da Hz. Hüseyin'in şehid edildiğini gördüğü, onun yüzünü topraktan kaldırarak bu feci cinayeti işleyenleri lânetlediği ve Hüseyin'e bir mersiye ile ağladığı da rivayet edilmektedir" (https://islamansiklopedisi.org.tr/atike-bint-zeyd. Erişim: 21.05.2026).

Bu tür rivayetler, Âtike'nin hayatına dair anlatıların zaman içerisinde farklılaşabildiğini ve bazı bilgilerin tenkit süzgecinden geçirilerek değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu bilgi ya istinsah hatasından ya da isim benzerliğinden kaynaklanan bir karışıklık olarak kaynaklara yansımış görünmektedir. Zira Kerbelâ hadisesi, hicrî 10 Muharrem 61 (m. 10 Ekim 680) yılında vuku bulmuştur (https://islamansiklopedisi.org.tr/kerbela. Erişim: 21.05.2026). Buna karşılık Âtike bint

Zeyd'in hicrî 41 yılında vefat ettiği belirtilmektedir (C. Yusuf, 2004, 226). Nitekim TDV İslâm Ansiklopedisi'nde de onun vefat tarihi hicrî 40/m. 660 olarak kaydedilmektedir.

Bu kronolojik uyumsuzluk dikkate alındığında, Âtike'nin Kerbelâ hadisesine şahitlik etmesi veya Hz. Hüseyin ile aynı tarihî süreçte bir evlilik ilişkisinin bulunması tarihî açıdan mümkün değildir. Dolayısıyla söz konusu rivayetlerin, müstensih hatasından veya erken dönem kaynaklarında yer alan farklı şahıslarla karıştırılmasından ya da aktarım sürecinde meydana gelen rivayet kaymalarından kaynaklanmış olması kuvvetle muhtemeldir.

SONUÇ

Âtike bint Zeyd'in hayatı, İslâm'ın erken dönem tarihî anlatılarında hem biyografik hem de rivayet literatürü açısından dikkat çekici bir örnek teşkil etmektedir. Onun nesebi, aile çevresi ve İslâm toplumunun önde gelen şahsiyetleriyle gerçekleştirdiği evlilikler, erken dönem Arap toplumunun sosyal yapısı ve evlilik algısı hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Bununla birlikte Âtike'ye nispet edilen bazı rivayetlerin zamanla farklılaşması, abartılması veya tarihî şahsiyetlerle karıştırılması, biyografik malzemenin tenkit süzgecinden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Âtike bint Zeyd, İslâm'ın ilk döneminde iman eden sahâbî kadınlar arasında yer almakta olup, onun ve ağabeyi Saîd b. Zeyd'in (ra.) İslâm'a girişinde, Hanîf inancı üzere bulunan babaları Zeyd b. Amr'ın etkisi göz ardı edilemez. Âtike'nin evlendiği eşlerinin şehit olması ise, onun şahsî bir tercihi olmaktan ziyade, evlilik yaptığı kimselerin toplumda liderlik ve öncülük konumunda bulunan, savaş ve fitne dönemlerinde ön saflarda yer alan şahsiyetler olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, dönemin tarihî şartları ve sosyo-politik gerçeklikleri dikkate alındığında daha sağlıklı bir biçimde anlaşılabilmektedir.

Âtike bint Zeyd'in hicrî 40 veya 41 yılında vefat etmiş olduğu dikkate alındığında, onun hicrî 61 yılında meydana gelen Kerbelâ hadisesinde Hz. Hüseyin'le evli olduğu ve yanında bulunduğu yönündeki aktarımların tarihî açıdan mümkün olmadığı açıkça ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla söz konusu anlatımların, kronolojik uyumsuzluk ve rivayet karışıklığı ihtimali çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abdülhâdî, C. Y. (2004). *Mahdü'ş-şeyd fî menâkıbi Saîd b. Zeyd* (1. bs.). Ammân: ed-Dârü'l-Osmâniyye.

İbn Kesîr, Ebü'l-Fidâ' İ. İ. b. Ş. (1994). *el-Bidâye ve'n-nihâye: Büyük İslâm tarihi* (M. Keskin, Çev.). İstanbul: Çağrı Yayınları.

İbn Sa'd, Ebû Abdillâh M. b. S. (2001). *et-Tabakâtü'l-kübrâ*. Kahire: Mektebetü'l-Hânci.

Mehmed Zihni Efendi. (1982). *Meşâhirü'n-nisâ*. İstanbul: Şamil Yayınevi.

Zehebî, Ebû Abdillâh Ş. M. (1987). *Târîhu'l-İslâm* (1. bs.). Beyrut: Yayınevi belirtilmemiş.

Zehebî. (1988). *Siyeru a'lâmi'n-nübelâ*. Beyrut: Müessesetü'r-Risâle.

Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi. (2026). Amâlika. Erişim tarihi: 29 Mayıs 2026, https://islamansiklopedisi.org.tr/amalika.

Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi. (2023). Amr b. Luhay. Erişim tarihi: 26 Mart 2023, https://islamansiklopedisi.org.tr/amr-b-luhay.

Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi. (2026). Âtike bint Zeyd. Erişim tarihi: 21 Mayıs 2026, https://islamansiklopedisi.org.tr/atike-bint-zeyd.

Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi. (2026). Kerbelâ. Erişim tarihi: 21 Mayıs 2026, https://islamansiklopedisi.org.tr/kerbela.

NEHCÜ'L-BELÂGA'NIN OLUŞUMU, MÜELLİFİ VE TARİHSEL BAĞLAMI ÜZERİNE AKADEMİK BİR DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Hikmet Gültekin

Uşak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, Temel İslam Bilimleri Bölümü Hadis Anabilim Dalı, UŞAK

Orcid: 0000-0001-9634-4681

ÖZET

Nehcü'l-Belâga (نهج البلاغة), İslam düşünce ve edebiyat tarihinde önemli bir yere sahip olup, *Hz. Ali*'ye nispet edilen hutbe, mektup ve veciz sözlerin derlenmesiyle oluşturulmuş bir eserdir. Bu eser, retorik (belâgat) gücü ön plana çıkarmayı amaçlayan bir derleme niteliği taşımakta olup, İslamî hitabet ve hikmet geleneğinin en seçkin örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Eser, kısaca eş-Şerîf er-Radî adıyla bilinen *Şerif Radî* (Ebü'l-Hasan Muhammed b. et-Tahir, 970–1015) tarafından yaklaşık on beş yıllık bir çalışma neticesinde derlenmiş ve 1010 yılı Recep ayında tamamlanmıştır. Nehcü'l-Belâga, genel kabule göre 239 hutbe, 79 mektup ve 480 hikmetli sözden oluşmaktadır. Bununla birlikte, bazı baskılarda hutbelerin tasnifine bağlı olarak sayısal farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca eserde yer almayan bazı mücmel ifadelerin hikmetli sözler kategorisine dahil edilmediği görülmektedir. Bu durum, metnin sabit bir redaksiyon sürecinden geçmediğini ve farklı rivayet geleneklerinin etkisini yansıttığını düşündürmektedir.

Eserin müellifi ve içeriğin *Hz. Ali*'ye aidiyeti meselesi, özellikle Sünnî ve Şiî literatür arasında tartışmalı bir alan oluşturmuştur. Şiî gelenekte eserin otantikliği genel olarak kabul görürken, bazı Sünnî âlimler —örneğin *İbn Hallikân*— hem müelliflik hem de rivayetlerin sıhhati konusunda şüphelerini dile getirmiştir. Bununla birlikte, Şerif Radî'nin diğer eserlerinde Nehcü'l-Belâga'yı açıkça sahiplenmesi, modern araştırmalarda müellifliğin ona ait olduğu yönündeki görüşü güçlendirmiştir. Günümüzde akademik çevrelerde daha çok tartışılan husus, eserin tamamının mı yoksa belirli bölümlerinin mi *Hz. Ali*'ye ait olduğu meselesidir. Bu bağlamda, metnin isnad zincirlerinin eksikliği ve derleyici müdahalesi ihtimali, eleştirel metin incelemelerinde önemli bir problem olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Nehcü'l-Belâga, Şerîf er-Radî, Hz. Ali, Hutbe, Mektup, Hikmetli Söz.

ACADEMIC EVALUATION OF THE ORIGIN, AUTHOR AND HISTORICAL CONTEXT OF NAHJ AL-BALĀGHAH

ABSTRACT

Nehj al-Balāghah (نهج البلاغة) occupies a prominent place in the history of Islamic thought and Arabic literature. It is a collection of sermons, letters, and aphorisms attributed to Imam Ali ibn Abi Talib and is widely regarded as one of the most eloquent examples of Arabic rhetoric and wisdom literature in the Islamic tradition.

The work was compiled by al-Sharif al-Radi (Abu al-Hasan Muhammad ibn al-Tahir, 970–1015) over a period of approximately fifteen years and was completed around 400 AH / 1010 CE. In its most widely circulated recension, *Nehj al-Balāghah* consists of 239 sermons, 79 letters, and 480 aphorisms, although these numbers vary among different editions due to differences in classification and editorial arrangement. Some concise statements attributed to Imam Ali are also absent from certain versions, indicating that the text did not undergo a fully fixed editorial process and that various transmission traditions influenced its formation.

The question of the authenticity of the work and the attribution of its contents to Imam Ali has long been debated in both Sunni and Shi'i scholarship. While the text is generally accepted as authentic within the

Shi‘i tradition, some Sunni scholars, including Ibn Khallikan, expressed reservations concerning the reliability of certain narrations and the attribution of the entire compilation to Imam Ali. Nevertheless, al-Sharif al-Radi’s references to the compilation in his other writings have reinforced the scholarly consensus that he served as the compiler of the work. Contemporary academic discussions focus primarily on whether all parts of the text—or only certain sections—can genuinely be traced back to Imam Ali. In this regard, the absence of isnad chains and the possibility of editorial intervention remain central issues in critical textual analysis.

Keywords: Nahj al-Balagha, Sharif al-Radi, Ali ibn Abi Talib, Sermon, Letter, Words of Wisdom.

GİRİŞ

Kaynaklarda daha çok Şerîf Radî adıyla şöhret bulan Ebü’l-Hasan Muhammed b. el-Hüseyn b. Mûsâ el-Mûsevî (ö. 406/1015), Hz. Ali’ye nispet edilen hutbe, mektup ve hikmetli sözlerdeki fesahat, belâgat ve edebî incelikleri ortaya koymak amacıyla çeşitli kaynaklarda dağınık halde bulunan rivayetleri bir araya getirerek *Nehcü’l-belâga* adlı eserini telif etmiştir. Müellifin bizzat ifade ettiği üzere eser, öncelikle Hz. Ali’nin söz sanatlarındaki üstünlüğünü ve Arap dilindeki seçkin konumunu gözler önüne sermeyi hedeflemektedir. Uzun yıllara yayılan bir derleme ve tasnif faaliyetinin ürünü olan *Nehcü’l-belâga*, yaklaşık on beş yıllık bir çalışmanın ardından 400 yılı Receb ayında (Şubat–Mart 1010) tamamlanmıştır (Tehrânî, 1983, 21/413).

Eser, yaygın kabul gören tasnife göre 239 hutbe, 79 mektup ve 480 kısa hikmetten oluşmaktadır. Bununla birlikte bazı neşirlerde metinlerin bölüm ve numaralandırılmasında farklı tercihler benimsenmiş, özellikle 59. hutbe müstakil üç hutbe şeklinde düzenlenmiştir. Bu durum, eserin farklı baskılarında hutbe sayısının değişiklik göstermesine ve muhtevaya ilişkin istatistiksel verilerde kısmi farklılıkların ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Nehcü’l-belâga, Hz. Ali’ye nispet edilen hutbe, mektup ve hikmetli sözleri ihtiva etmesinin yanı sıra yüksek edebî değeri, ahlâkî muhtevası ve siyasî-idarî meseleler hakkındaki değerlendirmeleri sebebiyle telif edildiği dönemden itibaren geniş bir ilgiye mazhar olmuş ve İslâm düşünce geleneğinde önemli bir yer edinmiştir. Eser gerek edebiyatçılar gerekse dinî ve fikrî çevreler tarafından farklı yönleriyle incelenmiş, üzerine çok sayıda şerh, tercüme ve akademik çalışma kaleme alınmıştır.

Modern dönemde *Nehcü’l-belâga* ile ilgilenen önemli isimlerden biri olan Muhammed Abduh (ö. 1905), eseri daha ziyade dil, üslup ve belâgat açısından değerlendirmiş ancak metnin sıhhatine ve aidiyet meselesine yönelik tenkitlere temas etmemiştir. Türkçe literatürde ise Mehmet Âkif Ersoy’un (ö. 1936) hazırladığı *Devlet Adamlarına Tavsiyeler: Hz. Ali Diyor ki* adlı tercümede, özellikle Hz. Ali’ye nispet edilen ahidnâmeler ile yöneticilere yönelik öğütler ön plana çıkarılmıştır.

Eserin Türkçeye ilk tercümesi, bazı eksiklikler içermekle birlikte, Abdulbaki Gölpınarlı tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Beşir Işık, M. Vesim Taylan ve Faruk Bozgöz tarafından hazırlanan tercüme yayımlanmış ancak bu neşirde hikmetli sözler bölümüne yer verilmemiştir. *Nehcü’l-belâga*’nın tam tercümesini ihtiva eden çalışmalar ise Adnan Demircan ve Kadri Çelik tarafından yayımlanmıştır. Kadri Çelik’in tercümesinde, metnin bazı kısımlarının Şiî düşünceyi destekleyen yorum ve te’viller çerçevesinde ele alındığı görülmektedir.

Türkiye’de *Nehcü’l-belâga* üzerine yapılan akademik çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir. Bu kapsamda Gülbahar Aydın (İstanbul, 2019), Hasan Apaydın (Ankara, 2019) ve Güler Göçmen (Konya, 2020) tarafından yüksek lisans tezleri hazırlanmıştır. Eser ve müellifi üzerine gerçekleştirilen kapsamlı araştırmalardan biri de Hikmet Gültekin tarafından kaleme alınan *Şiî Âlim Şerîf er-Radî ve Nehcü’l-belâga İsimli Eserinin Hadis Literatüründeki Yeri ve Değeri* başlıklı doktora tezidir (Konya, 2013). Söz konusu çalışma, *Nehcü’l-belâga*’yı hadis literatürü, kaynakları, isnad yapısı ve mezhepler arası tartışmalardaki konumu açısından ele alan müstakil araştırmalar arasında yer almaktadır.

Nehcü'l-belâga'nın Müellifi: Şerîf er-Radî

Nehcü'l-belâga'nın müellifinin Şerîf er-Radî olduğu hususu, Şiî gelenekte herhangi bir ihtilafa konu olmamış, aynı şekilde eserde yer alan metinlerin Hz. Ali'ye aidiyeti de genel kabul görmüştür. Bununla birlikte bazı Sünnî müellifler, eserin müellifi ve muhtevasının sıhhati konusunda çeşitli tereddütler dile getirmişlerdir. Nitekim İbn Hallikân (ö. 681/1282), *Vefeyâtü'l-aʿyân* adlı eserinde *Nehcü'l-belâga*'nın müellifi ve içeriği hakkında birtakım şüphelerin ileri sürüldüğüne işaret etmektedir (İbn Hallikân, 1978, 3/313). Ancak söz konusu tartışmaların önemli bir kısmı, eserin muhtevasının değerlendirilmesinden ziyade müellifinin kimliği etrafında şekillenmiştir. Buna karşılık Şerîf er-Radî'nin günümüze ulaşan diğer eserleri incelendiğinde, onun *Nehcü'l-belâga*'yı açık biçimde kendisine nispet ettiği görülmektedir. Müellif, *Hakâikü't-te'vîl* ve *el-Mecâzâtü'n-nebeviyye* adlı eserlerinde *Nehcü'l-belâga*'ya atıflarda bulunmakta, eserde yer verdiği bazı metinlere göndermeler yapmakta ve bunları kendi telif faaliyetinin bir parçası olarak sunmaktadır (Radî, *Hakâikü't-te'vîl*, t.y., 167; *el-Mecâzâtü'n-nebeviyye*, t.y., 39-40, 67, 199, 251). Bu durum, eserin Şerîf er-Radî tarafından derlenip telif edildiğini doğrudan ortaya koyan iç deliller arasında yer almaktadır. Dolayısıyla mevcut tarihî veriler ve müellifin kendi beyanları birlikte değerlendirildiğinde, *Nehcü'l-belâga*'nın Şerîf er-Radî'ye aidiyeti konusunda tereddüde mahal bulunmamaktadır. Bu sebeple ilmî açıdan tartışılması gereken husus, eserin müellifinden ziyade içerisinde yer alan rivayetlerin kaynakları, isnad yapıları ve Hz. Ali'ye aidiyet dereceleridir.

Şerîf er-Radî, siyasî ve ilmî nüfuzu yüksek Şiî bir aileye mensup olarak 359/970 yılında Bağdat'ta dünyaya gelmiştir. Dönemin ilmî, edebî ve siyasî çevrelerinde temayüz eden Radî, özellikle Abbâsî halifeleri Tâiʿ-Lillâh (ö. 393/1003) ve Kâdir-Billâh (ö. 422/1031) dönemlerinde saygın bir konuma sahip olmuş, devlet erkânıyla kurduğu yakın ilişkiler sayesinde hem ilmî hem de idarî sahada etkili bir şahsiyet olarak öne çıkmıştır. Bunun yanında Arap dili ve edebiyatındaki üstün yetkinliğiyle çağdaşlarının takdirini kazanmış, yaşadığı dönemin en seçkin şairleri arasında gösterilmiştir.

Nesep itibarıyla Ehl-i beyt soyuna mensup olan Şerîf er-Radî ile Hz. Ali arasında on, yedinci imam Mûsâ el-Kâzım arasında ise beş nesil bulunmaktadır (Emîn, 1952, 9/216). Ailesinin Bağdat'taki köklü nüfuzu, onun ilmî ve idarî kariyerinin şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Nitekim dedesi, babası ve amcasının yürüttüğü Talibîler nakîbliği görevini daha sonra kendisi de üstlenmiş; böylece Abbâsî başkentinde Ehl-i beyt mensuplarının temsilciliğini ve haklarının korunmasını amaçlayan bu önemli makamın sorumluluğunu devralmıştır (Kûhkemerî, 1406, 1/27). Bu yönüyle Şerîf er-Radî, yalnızca bir şair ve müellif değil, aynı zamanda mensubu bulunduğu seyyid ailesinin siyasî ve toplumsal nüfuzunu temsil eden seçkin bir devlet adamı ve Ehl-i beyt önderi olarak da temayüz etmiştir.

Şerîf er-Radî'nin hayatı, yalnızca ilmî ve edebî faaliyetlerle sınırlı kalmamış, dönemin siyasî gelişmeleriyle de yakından iç içe seyretmiştir. Kaynaklar, onun özellikle Büveyhîler devrinde hilâfet makamına ulaşma idealini zihninde taşıdığını ve bu arzusunu şiirlerinde zaman zaman açık biçimde dile getirdiğini göstermektedir (Radî, 1307, 1/412). Bununla birlikte Radî, mevcut siyasî düzenle çatışmacı bir tavır benimsemek yerine, Abbâsî hilâfeti ve Büveyhî idaresiyle dengeli ilişkiler kurmayı tercih etmiştir.

Nitekim Abbâsî Halifesi Tâiʿ-Lillâh'a yönelik yirmi üç methiye ve bir mersiye kaleme almış (Özel, 2010, 39/4; Gültekin, 2018, 114), şiirlerinde onu "Emîrü'l-mü'minîn" unvanıyla anmaktan kaçınmamıştır (Radî, 1307, 2/777). Halifenin vefatından sonra dahi onun hakkında mersiyeler yazması, söz konusu ilişkinin yalnızca siyasî bir yakınlıktan ibaret olmadığını göstermektedir (Radî, 1307, 2/666; Emîn, 1983, 9/220). Radî, Tâiʿ-Lillâh'ın ardından hilâfet makamına geçen Kâdir-Billâh ile de münasebetlerini sürdürmüş ve onun adına iki kaside nazmetmiştir (Radî, 1307, 1/417).

Öte yandan Radî'nin siyasî çevrelerle olan ilişkileri Abbâsî hilâfetiyle sınırlı kalmamış, dönemin fiilî iktidarını elinde bulunduran Büveyhî hanedanı ile de yakın bağlar geliştirmiştir. Özellikle 377/987 yılından itibaren Büveyhî hükümdarı Bahâüddevle (ö. 403/1012) ile kurduğu yakın ilişki dikkat çekmektedir. Nitekim Büveyhî hükümdarları, vezirleri, emirleri ve kâtipleri için kaleme aldığı yaklaşık elli kasidenin otuz dördünü Bahâüddevle'ye tahsis etmiş olması, bu yakınlığın derecesini ortaya koymaktadır (Özel, 2010, 39/4).

Radî'nin siyasî pragmatizmini gösteren örneklerden biri de hayatının son yıllarında üstlendiği resmî görevlerdir. Vefatından yaklaşık üç yıl önce Bağdat'taki Talibîler nakîbliğine getirildiğinde, Şiî kimliğiyle özdeşleşen kıyafetleri terk ederek Abbâsî bürokrasisinin resmî siyah kıyafetleriyle görünmekten çekinmemiştir (İbnü'l-Esîr, 1965, 9/242; Emir-Moezzi, 2003, 12/2, s. 330). Bu tavır, onun dönemin siyasî şartlarını dikkate alan uzlaştırıcı ve gerçekçi yaklaşımının bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

Kaynaklarda, maddî menfaat karşılığında övgü şiirleri yazan şairlerden farklı olarak, başkalarından hediye kabul etmeyen vakur bir şahsiyet olduğu da belirtilmektedir (İbn Ebî'l-Hadîd, 1959, 1/40). Şerîf er-Radî, 6 Muharrem 406 (26 Haziran 1015) pazar günü Bağdat'ta vefat etmiş ve geride ilmî, edebî ve siyasî etkileri asırlar boyunca devam edecek zengin bir miras bırakmıştır (Kûhkemerî, 1406, 10; Safedî, 2000, 2/279; Emînî, 1977, 9/210). Bununla birlikte bazı kaynaklarda ölüm tarihinin Safer ayında gerçekleştiğine dair farklı rivayetler de nakledilmektedir (Safedî, 2000, 2/279).

Şerîf er-Radî'nin ilmî çevresi de en az siyasî ilişkileri kadar dikkat çekicidir. Şiî düşüncenin önde gelen isimlerinden Şeyh Müfîd (ö. 413/1022) ve kardeşi Şerîf el-Murtazâ'nın (ö. 436/1044) öğrencisi olan meşhur muhaddis Ebû Caʿfer et-Tûsî (ö. 460/1067), Radî'nin vefatından sonra Bağdat'a gelmiş olmakla birlikte onun rivayetlerini nakleden râviler arasında yer almıştır. Bu durum, Radî'nin ilmî mirasının sonraki nesillere aktarılmasında oynadığı rolü göstermesi bakımından ayrıca önem arz etmektedir (Gültekin, 2018, 139-152).

Nehcü'l-belâga'nın Yazma ve Matbu Nüshaları

Nehcü'l-belâga, İslâm dünyasında gördüğü yoğun ilgi neticesinde asırlar boyunca istinsah edilmiş ve farklı coğrafyalarda çok sayıda neşre konu olmuştur. Eserin özellikle Beyrut, Kum, Tahran ve Kahire gibi Şiî ve Sünnî ilim çevrelerinin önemli merkezlerinde defalarca yayımlandığı, günümüzde de yeni tahkik ve neşirlerinin yapılmaya devam ettiği görülmektedir. Bu durum, *Nehcü'l-belâga*'nın yalnızca Şiî gelenekte değil, İslâm düşünce ve edebiyat tarihinin genelinde de önemli bir klasik olarak kabul edildiğini göstermektedir.

Eserin yaygın biçimde okunması ve istinsah edilmesi, çok sayıda yazma nüshasının günümüze ulaşmasını sağlamıştır. Nitekim Seyyid Abdülaziz Tabatabaî, çeşitli kütüphanelerde muhafaza edilen *Nehcü'l-belâga* nüshalarını tespit ederek bunların ayrıntılı bir listesini hazırlamış ve toplam 170 yazma nüshaya işaret etmiştir. Bu nüshalardan dördünün Türkiye'deki Süleymaniye Kütüphanesi koleksiyonlarında bulunduğu belirtilmektedir (Tabatabaî, Erişim: 11.11.2021; krş. Korkmaz, 2007, 173). Yazma nüshaların farklı bölgelerde ve çeşitli tarihlerde çoğaltılmış olması, eserin İslâm dünyasındaki dolaşım alanının genişliğini ortaya koyduğu gibi metin tenkidi ve neşir çalışmaları açısından da önemli bir malzeme sunmaktadır. Günümüze ulaşan yazma nüshaların çokluğu ve bunların farklı ilim merkezlerinde muhafaza edilmesi, *Nehcü'l-belâga*'nın erken dönemlerden itibaren yaygın biçimde okunduğunu ve ilmî çevrelerde başvuru kaynağı olarak benimsendiğini göstermesi bakımından ayrıca dikkat çekicidir.

Nehcü'l-belâga'nın Kaynakları

Nehcü'l-belâga'nın kaynakları meselesi, eserin telifi, metinlerin aidiyeti ve tarihî değeri etrafında yürütülen tartışmaların merkezinde yer almaktadır. Şerîf er-Radî, eserini oluştururken kullandığı kaynakların tamamını sistematik biçimde zikretmemiş, çoğu zaman rivayetleri senedsiz olarak nakletmeyi tercih etmiştir. Bununla birlikte eserin çeşitli bölümlerinde yer alan atıflar, onun yararlandığı bazı yazılı ve sözlü kaynakları tespit etmeye imkân vermektedir.

Radî'nin açıkça isim verdiği kaynaklar arasında Câhiz'in *el-Beyân ve't-tebyîn*'i, Taberî'nin *Târîh*'i, Ebû Ca'fer el-İskâfî'nin *el-Makāmât*'ı, Vâkıdî'nin *Kitâbü'l-Cemel*'i ve Yahyâ b. Saîd el-Ümevî'nin *Kitâbü'l-Meğâzî*'si yer almaktadır. Ayrıca bazı rivayetlerin Hişâm b. el-Kelbî'den nakledildiğine dair ifadeler de bulunmaktadır. Sözlü rivayet kanalları bakımından ise Nevfü'l-Bikâlî, Dırâr ed-Dubâbî, Ebû Ca'fer Muhammed el-Bâkır, Kümeyl b. Ziyâd en-Nehaî ve Ebû Cuheyfe gibi isimlere atıf yapıldığı görülmektedir (Gültekin, 2018, 195).

Bununla birlikte *Nehcü'l-belâga*'nın kaynaklarının tespiti konusunda modern dönemde gerçekleştirilen tahriç çalışmaları birtakım metodolojik problemleri de beraberinde getirmiştir. Şiî araştırmacılar tarafından yapılan tahriclerde, eserde yer alan hutbe, mektup ve hikmetli sözlerin erken dönem kaynaklardaki izleri sürülmeye çalışılmış ve çok sayıda esere atıfta bulunulmuştur. Ancak bu çalışmalar incelendiğinde, gösterilen kaynaklardaki metinlerle *Nehcü'l-belâga*'da yer alan metinlerin her zaman tam bir örtüşme göstermediği görülmektedir. Bazı durumlarda metinler arasında lafız, tertip ve hacim bakımından önemli farklılıklar bulunurken, bazı rivayetlerde ise yalnızca metnin kısa bir bölümünün ilgili kaynaklarda yer aldığı tespit edilmektedir. Bunun yanında birçok metnin kaynağına ulaşmak mümkün olmamaktadır.

Bu durum, *Nehcü'l-belâga*'nın kaynaklarını araştırırken yalnızca metin benzerlikleriyle yetinmenin yeterli olmadığını, rivayetlerin tarihî seyri, metinlerin farklı varyantları ve derleme sürecinde meydana gelmiş olabilecek tasarrufların da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla eserin kaynakları meselesi, sadece bir tahric problemi değil, aynı zamanda metin tarihi, rivayet tenkidi ve hadis metodolojisi çerçevesinde ele alınması gereken çok yönlü bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Nehcü'l-belâga'nın Şerhleri

Nehcü'l-belâga, içerdiği dinî, ahlâkî, siyasî ve edebî malzemenin zenginliği sebebiyle İslâm ilim geleneğinde en fazla ilgi gören eserlerden biri olmuş ve erken dönemlerden itibaren çok sayıda şerh, hâşiye, ihtisar ve tercümeye konu edilmiştir. Eser üzerine kaleme alınan çalışmaların sayısı, *Nehcü'l-belâga*'nın farklı mezhep ve ilim çevrelerinde gördüğü kabulün önemli göstergelerinden biridir.

Bu çerçevede Abdülhüseyin el-Emînî, *el-Gadîr*'de *Nehcü'l-belâga* üzerine yazılmış seksen bir şerh ve müellif adı zikretmekte (el-Emînî, 1977, 4/186-193), Abdullatîf el-Kûhkemerî ise *Minhâcü'l-berâe* mukaddimesinde bu sayıyı yüz on ikiye kadar çıkarmaktadır (el-Kûhkemerî, 1406, 1/38-49). Ancak bu rakamlar değerlendirilirken söz konusu eserlerin mahiyetlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Zira şerh olarak kaydedilen çalışmaların tamamı klasik anlamda kapsamlı ve müstakil şerhler değildir. Bunların bir kısmı müellifleri tarafından tamamlanamamış, bir kısmı yalnızca metinde geçen garîb lafızları açıklamaya yönelik sözlük mahiyetinde eserler olarak kalmış, bazıları ise dil ve belâgat tahlillerine odaklanmıştır. Ayrıca mevcut şerhlerden bazılarının önceki çalışmaların ihtisarı, özeti veya tercümesi niteliğinde olduğu görülmektedir.

Bu sebeple kaynaklarda verilen şerh sayıları, doğrudan doğruya müstakil ve kapsamlı şerhlerin sayısı olarak değerlendirilmemelidir. Bununla birlikte söz konusu literatür, *Nehcü'l-belâga*'nın İslâm düşünce tarihinde ne derece etkili bir eser olduğunu ve farklı dönemlerde çeşitli ilmî disiplinlerin ilgisini çektiğini göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

Nehcü'l-belâga şerhleri arasında en fazla şöhret kazanan eser, Mu'tezilî âlim İbn Ebî'l-Hadîd'in (ö. 656/1258) kaleme aldığı *Şerhu Nehci'l-belâga*'dır. Müellif, eseri yalnızca dil ve edebiyat açısından açıklamakla yetinmemiş; tarih, kelâm, siyaset ve mezhepler tarihiyle ilgili geniş değerlendirmelere de yer vermiştir. Bu yönüyle söz konusu şerh, *Nehcü'l-belâga* üzerine yazılmış açıklayıcı bir eser olmanın ötesinde, klasik İslâm düşüncesinin birçok alanına dair zengin malzeme ihtiva eden müstakil bir kaynak hüviyeti kazanmıştır. Nitekim sonraki dönemlerde kaleme alınan birçok çalışma doğrudan veya dolaylı biçimde İbn Ebî'l-Hadîd'in şerhinden etkilenmiş ve onu temel başvuru kaynaklarından biri olarak kabul etmiştir.

Nehcü'l-belâga'ya Yöneltilen Eleştiriler

Nehcü'l-belâga, İslâm ilim geleneğinde büyük bir kabul görmesine rağmen, özellikle metin tenkidi ve rivayet sıhhati açısından erken dönemlerden itibaren çeşitli eleştirilere de konu olmuştur. Bu eleştirilerin temelinde, eserde yer alan rivayetlerin Hz. Ali'ye ulaşan muttasıl bir isnad zincirine sahip olmaması, bazı ifadelerin tarihsel bağlamıyla uyuşmaması ve farklı kaynaklarda aynı lafızla yer almayan metinlerin eserde doğrudan Hz. Ali'ye nispet edilmesi gibi hususlar bulunmaktadır.

Eleştiriler arasında ayrıca, eserde yer alan bazı hutbe ve sözlerin ilk üç halife ile bazı sahâbîlere yönelik tenkitler içermesi de zikredilmektedir. Bunun yanında, bazı metinlerin önceki kaynaklarda ya hiç bulunmaması ya da yalnızca kısmen yer alması, ayrıca başkalarına ait sözlerin veya merfû hadislerin Hz. Ali'ye nispet edilmiş olabileceği ihtimali de tartışma konusu yapılmıştır. Bir kısım araştırmacılar ise metinlerdeki yüksek edebî üslup, yoğun secî kullanımı ve yapaylık izlenimi veren ifadeler sebebiyle eserin bütünü hakkında şüphe ileri sürmüşlerdir.

Bu bağlamda İbn Teymiyye'ye (ö. 728/1328) nispet edilen değerlendirmelerde, onun *Nehcü'l-belâga*'nın tamamından şüphe ettiği yönünde görüşler aktarılmış olmakla birlikte, Safedî (ö. 764/1363), bu konuda farklı bir rivayete yer vermektedir. Safedî'ye göre bazı kimseler eserin bütünüyle uydurma olduğunu iddia etmişler, ancak İbn Teymiyye'den naklen onun "Eserde Hz. Ali'ye ait sözler olduğu gibi Şerîf er-Radî'ye ait ifadeler de bulunmaktadır" dediğini işittiğini belirtmektedir (Safedî, 2000, 2/277). Bununla birlikte İbn Teymiyye, farklı bir bağlamda *Câhiz*'in *el-Beyân ve't-tebyîn*'i başta olmak üzere bazı eserlerde Hz. Ali'ye ait olmayan sözlerin bulunduğunu, Şerîf er-Radî'nin de bu tür rivayetleri Hz. Ali'ye nispet ettiğini ifade ederek eserin rivayet güvenilirliğine ihtiyatla yaklaşılması gerektiğini vurgulamaktadır (İbn Teymiyye, 1986, 8/55).

Benzer şekilde Zehebî ve İbn Hacer el-Askalânî gibi münekkit âlimler de *Nehcü'l-belâga*'da yer alan bazı rivayetlerin sıhhatine dair tereddütleri destekleyen değerlendirmelerde bulunmuşlardır (Zehebî, 1963, 3/124; İbn Hacer, 1971, 4/223). Bu değerlendirmeler, eserin bütünüyle reddedilmesinden ziyade, içerdiği rivayetlerin hadis usûlü açısından ayrı ayrı incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Netice itibarıyla *Nehcü'l-belâga*'ya yöneltilen eleştiriler, eserin edebî ve fikrî değerini bütünüyle ortadan kaldırmamakta; bilakis onu hem edebiyat hem de rivayet tenkidi açısından çok katmanlı bir inceleme alanı hâline getirmektedir.

Şerîf er-Radî'nin *Nehcü'l-belâga*'yı telif ederken temel gayesinin Hz. Ali'nin belâgatini ortaya koymak olduğu yönündeki beyanına rağmen, eser muhtevası ve rivayetlerin aidiyeti bakımından çeşitli eleştirilere de konu olmuştur. Bu eleştirilerin bir kısmı, eserde özellikle bazı sahâbîlere yönelik ağır tenkit ve hakaret içeren ifadelerin yer alması noktasında yoğunlaşmaktadır. Söz konusu rivayetlerin, bazı Şiî çevrelerce benimsenmeyen şahıslar hakkında sert ifadeler ihtiva etmesi, metnin tarihî güvenilirliği ve nispet problemi açısından tartışma konusu yapılmıştır (el-Hıraşî, 2009, 112-113).

Diğer bir eleştiri hattı ise eserin dilsel ve kavramsal yapısına yöneliktir. Buna göre *Nehcü'l-belâga*'da yer alan bazı terim ve ifadelerin, ilimlerin sistematik tasnifinin yerleştiği ve Yunan felsefesinin Arapça'ya tercüme edilerek İslâm düşüncesine entegre edildiği Abbâsî dönemine ait bir entelektüel arka planı yansıttığı ileri sürülmektedir. Özellikle tavus kuşunun ayrıntılı biçimde tasviri gibi estetik açıdan gelişmiş betimlemelerin, erken dönem Arap hitabetinden ziyade sonraki edebî birikimin ürünü olduğu iddia edilmiştir. Yine kelâm literatüründe sistematik olarak kullanılan "nerede ve nasıllık", Allah'ın görülmesi ve konuşması, adalet gibi kavramsal çerçevelerin felsefî düşüncenin İslâm dünyasında yaygınlaşmasından önce bu düzeyde teşekkül etmediği, dolayısıyla metnin tarihsel bağlamıyla örtüşmediği öne sürülmüştür. Ayrıca bazı hutbelerin son derece uzun ve kompleks yapıda olması da bunların sözlü olarak muhafaza edilip ezberlenmesinin güç olduğu gerekçesiyle eleştirilen hususlar arasında zikredilmektedir (Melâh, 2009, 17).

Bu bağlamda Sabrî İbrâhîm'in yaptığı araştırmalara göre, *Nehcü'l-belâga*'da yer alan rivayetlerin bir kısmı Hz. Ali'ye sahih biçimde nispet edilebilmekte, bir kısmı ise kısmen onun sözleriyle irtibatlandırılabilmektedir. Ancak eserde yer alan bazı ifadelerin Hz. Peygamber'e, Hz. Îsâ'ya, Hz. Ömer'e, Abdullah b. Mes'ûd'a, Huzeyfe b. el-Yemân'a, Ali b. Hüseyin'e, Zeynelâbidîn'e, Muhammed el-Bâkır'a, Ca'fer es-Sâdık'a, İmam Rızâ'ya, tâbiîn ve tebeu't-tâbiîne ait olduğu tespit edilmiştir. Hatta bazı rivayetlerin, Halife Me'mûn gibi daha sonraki dönemlerde yaşamış şahıslara ait olduğu hâlde Hz. Ali'ye nispet edildiği de ileri sürülmektedir.

Bu çerçevede dikkat çekici örnekler de zikredilmektedir. Nitekim *Nehcü'l-belâga*'daki 8. hutbenin, Şeyh Müfîd tarafından Hz. Hasan'a ait bir konuşma olarak nakledildiği, ancak Şerîf er-Radî tarafından Hz. Ali'ye nispet edildiği belirtilmektedir (Müfîd, t.y., 175). Benzer şekilde İbn Kuteybe'nin *Uyûnü'l-ahbâr* adlı eserinde Muâviye'ye ait olduğu bildirilen 32. hutbenin de aynı rivayet zincirinden hareketle Radî tarafından Hz. Ali'ye nispet edildiği görülmektedir.

Bütün bu değerlendirmeler, *Nehcü'l-belâga*'nın yalnızca edebî bir metin olarak değil, aynı zamanda rivayet tenkidi, metin tarihi ve nispet problemleri açısından da çok katmanlı bir incelemeyi gerekli kılan bir eser olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle eserin değerlendirilmesinde hem edebî değerinin hem de aidiyet tartışmalarının birlikte ele alınması zorunlu görünmektedir.

Nehcü'l-belâga'da yer alan bazı konuşma ve yazışmalar, özellikle hilâfet ve siyasal meşruiyet tartışmaları bağlamında dikkat çekici içerikler ihtiva etmektedir. Bu metinlerde Hz. Ali'nin, Muâviye'yi şûra mekanizmasının ortaya koyduğu karara uymaya davet ettiği; Hz. Ebû Bekir, Hz. Ömer ve Hz. Osman'ın hilâfetini ise şûra kararı ve ümmetin genel kabulü çerçevesinde meşru bir zeminle ilişkilendirdiği görülmektedir. Ayrıca bazı rivayetlerde, biat sürecinde hazır bulunmayan yahut şûra sürecine dâhil olmayan kimselerin sonradan bu karara muhalefet etmesinin meşru kabul edilemeyeceği yönünde ifadeler de yer almaktadır.

Öte yandan Şerîf er-Radî'nin derleme yöntemi bağlamında, bazı metinlerde birden fazla rivayetin bir araya getirildiği ve metnin sonunda açık bir vasiyet veya tarihî bağlam belirtilmeksizin Ehl-i beyt'in hilâfete liyakati temasını vurgulayan cümlelerle bitirildiği de gözlemlenmektedir. Bu durum, metinlerin bağlam bütünlüğü ve kronolojik aidiyet açısından tartışmalara zemin hazırlamıştır. Nitekim *Nehcü'l-belâga*'da Hz. Ali'ye nispet edilen ve Sıffîn Savaşı'ndan ayrılış sonrasında gerçekleştiği belirtilen ikinci hutbede, Ehl-i beyt'in hilâfete gelmesinin "hakkın yerini bulması" olarak değerlendirildiği ifade edilmektedir. Ancak İbn Ebî'l-Hadîd'e göre söz konusu içeriklerin bu tarihsel bağlamda söylenmiş olması mümkün görünmemektedir. Ona göre bu tür ifadeler, Hz. Ali'nin Sıffîn'den dönüşü sırasında değil muhtemelen kendisine ilk biat edildiği dönem ya da Medine'den Basra'ya doğru hareketi öncesindeki süreçte dile getirilmiş olmalıdır (İbn Ebî'l-Hadîd, 1959, 1/209; Hatîb, 1985, 1/301).

Bu değerlendirmeler, *Nehcü'l-belâga*'daki bazı rivayetlerin yalnızca metin içi anlam bakımından değil, aynı zamanda tarihî bağlam ve kronoloji açısından da yeniden okunması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede eser hem siyasal düşünce tarihi hem de rivayet tenkidi açısından çok katmanlı bir yorum alanı sunmaktadır.

Nehcü'l-belâga, Şiî hadis geleneğinde önemli bir referans metni olarak görülmekle birlikte, "Usûlü erbaʿmi'e" (أصول أربعمائة) olarak bilinen erken dönem dört yüz temel rivayet aslı arasında yer almamaktadır. Zira eser, doğrudan imamlar veya onların ilk nesil talebeleri tarafından rivayet edilen müstakil hadis mecmuaları arasında değil, daha ziyade Şerîf er-Radî'nin derleme faaliyeti neticesinde teşekkül etmiş bir edebî-hikemî metin olarak değerlendirilmektedir.

Öte yandan *Nehcü'l-belâga* metni içerisinde Hz. Fâtıma'ya ait olduğu bilinen herhangi bir kitaba doğrudan bir atıf bulunmamakta; bununla birlikte bazı rivayetlerde kadınlara ilişkin genel nitelikte değerlendirmeler yer almaktadır. Söz konusu ifadeler, bazı araştırmacılar tarafından eleştirel bir bakışla değerlendirilmiş ve özellikle kadın tasvirine dair bazı sözlerin problematik olduğu ileri sürülmüştür (bk. 61, 124, 234 ve 238. hikmetler; 31. mektup; Gültekin, 2018).

Bu çerçevede *Nehcü'l-belâga*, hem rivayet literatürü içerisindeki konumu hem de içerdiği bazı söylemlerin yorumu bakımından farklı ilmî disiplinlerin değerlendirme alanına giren çok yönlü bir metin niteliği taşımaktadır.

SONUÇ

Nehcü'l-belâga, İslâm düşünce ve edebiyat tarihinde hem içerdiği rivayet malzemesi hem de temsil ettiği belâgat geleneği bakımından müstesna bir konuma sahiptir. Şerîf er-Radî tarafından gerçekleştirilen derleme faaliyeti neticesinde teşekkül eden eser, Hz. Ali'ye nispet edilen hutbe, mektup ve hikmetli sözleri bir araya getirerek yalnızca edebî bir metin ortaya koymakla kalmamış, aynı zamanda İslâm siyasal düşüncesi, ahlâk felsefesi ve hitabet geleneği açısından da etkili bir referans kaynağı hâline gelmiştir.

Bununla birlikte eser, klasik ve modern dönemde hem müelliflik hem de rivayetlerin aidiyeti açısından çeşitli tartışmalara konu olmuştur. Özellikle isnad zincirinin bulunmayışı, bazı rivayetlerin tarihî bağlamla uyuşmaması, farklı kaynaklarda yer alan metinlerin Hz. Ali'ye nispet edilmesi ve bazı kavramsal unsurların daha geç dönem entelektüel gelişmeleri yansıtması gibi hususlar, eserin tartışmalı

bir konumda değerlendirilmesine yol açmıştır. Buna karşılık eserin edebî değeri, dilsel zenginliği ve İslâm düşünce tarihindeki etkisi, onu farklı mezhep ve ekoller nezdinde vazgeçilmez bir klasik hâline getirmiştir.

Şerîf er-Radî'nin derleme yöntemi, yalnızca rivayet aktarmaya dayalı bir faaliyet olmayıp aynı zamanda edebî seçicilik ve tasnif faaliyeti içermektedir. Bu durum, *Nehcü'l-belâga*'nın hem hadis literatürü hem de Arap edebiyatı açısından karma bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Eserin farklı coğrafyalarda çok sayıda yazma ve matbu nüshaya sahip olması, üzerine çok sayıda şerh ve çalışma yapılması ve modern dönemde akademik araştırmalara konu edilmesi de onun İslâm kültür tarihinde kazandığı kalıcı etkiyi ortaya koymaktadır.

Netice itibarıyla *Nehcü'l-belâga*, yalnızca Hz. Ali'ye nispet edilen sözlerin bir derlemesi değil, aynı zamanda İslâm düşünce tarihinde rivayet, edebiyat ve siyaset teorisinin kesişim noktasında yer alan çok katmanlı bir metin olarak değerlendirilmelidir. Bu sebeple eserin anlaşılması ve değerlendirilmesi hem metin tenkidi hem de edebî ve tarihî bağlamı birlikte dikkate alan disiplinler arası bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır.

KAYNAKLAR

Emîn, M. (1983). *A'yânü'ş-Şîa*. Beyrut: Dâru't-Teʿâruf.

Emînî, A. H. en-Necefî. (1977). *el-Gadîr*. Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-Arabiyye.

Gültekin, H. (2018). *Şîa'da hadis ve Nehcü'l-belâğa*. İstanbul: Nuhbe Yayınları.

Hatîb, A. el-Hüseynî (1985). *Mesâdîru Nehci'l-belâğa ve esânîdüh*. Beyrût: Dâru'l-Edvâ'.

İbn Ebî'l-Hadîd. (1959). *Şerhu Nehci'l-belâğa*. Beyrut: Dâru İhyâi'l-Kütübi'l-Arabiyye.

İbn Hacer el-Askalânî. (1971). *Lisânü'l-Mîzân*. Beyrut: Müessesetü'l-Aʿlemî.

İbn Hallikân. (1978). *Vefayâtü'l-aʿyân ve enbâu ebnâi'z-zemân*. Beyrut: Dâru Sâdır.

İbn Teymiyye, T. (1986). *Minhâcü's-sünne* (Nşr.). Byy: Câmiatü'l-İmam Muhammed b. Suûd el-İslâmiyye.

İbnü'l-Esîr. (1965). *el-Kâmil fi't-târîh*. Beyrut: Dâru Sâdır.

Kûhkemerî, A. b. A. (1406). *Minhâcü'l-berâe mukaddimesi*. Kum: Mektebetü Âyetillâh el-Merʿaşî.

Melâh, M. M. (2009). *Teşrîhu şerhi Nehci'l-belâğa* (S. S. Hıraşî, thk.). Riyad: Dâru'l-Âli ve's-Sahb.

Muhammed Ali Emir-Moezzi. (2003). İmamî Şiîlik'te hadisin sıhhat kıstasları ve fakîhin otoritesine dair değerlendirmeler (M. A. Sönmez, Çev.). *Uludağ Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 12*(2). Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/143894

Müfîd, M. b. M. el-Ukberî el-Bağdâdî. (t.y.). *el-Cemel*. Kum: Mektebetü'd-Dâverî.

Radî, E. H. M. (1307). *Dîvân*. Beyrut: Matbaatü'l-Edebiyye.

Radî. (t.y.). *el-Mecâzâtü'n-nebeviyye*. Kum: Mektebetü Basîretî.

Radî. (t.y.). *Hakâikü't-te'vîl*. Byy: Dâru'l-Muhâcere.

Safedî, S. H. (2000). *el-Vâfî bi'l-vefeyât*. Beyrut: Dâru İhyâi't-Turâs.

Tabatabai, A. *Nehcü'l-belâğa hakkında makale*. Erişim adresi: http://www.tebyan.net/Islam/Nahjulbalagha/2008/6/2/67705.html. Erişim: 11.11.2021.

Tehrânî, A. B. (1983). *ez-Zerîʿa ilâ tesânîfi'ş-Şîa*. Beyrut: Dâru'l-Edvâ'.

Zehebî, Ş. M. (1963). *Mîzânu'l-iʿtidâl*. Beyrut: Dâru'l-Maʿrife.

MODELLERE DAYALI ASTRONOMİ ÖĞRETİMİ: SINIF ÖĞRETMENLERİ İÇİN MEVSİMLER VE AY'IN EVRELERİ

Elif ER [1]

[1]Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi, Samsun, Türkiye

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-5318-9025

Hüseyin KALKAN [2]

[2]Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Samsun, Türkiye

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9122-3386

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, sınıf öğretmenlerine yönelik fiziksel model temelli astronomi öğretiminin "mevsimler" ve "Ay'ın evreleri" konularındaki kavramsal anlamaya etkisini incelemektir. Astronomi konuları; soyut yapısı, üç boyutlu uzamsal ilişkiler içermesi ve günlük yaşam deneyimleriyle çelişebilen yapısı nedeniyle öğrencilerde ve öğretmenlerde çeşitli kavram yanılgılarına neden olabilmektedir. Bu doğrultuda çalışmada, fiziksel modeller aracılığıyla gerçekleştirilen öğretim sürecinin öğretmenlerin bilimsel açıklama düzeylerine etkisi araştırılmıştır.

Araştırma, 2025–2026 eğitim-öğretim yılı birinci döneminde Samsun ilinde görev yapan 30 sınıf öğretmeni ile yürütülmüştür. Çalışmada tek grup ön test–son test modeline dayalı yarı deneysel desen kullanılmıştır. Veriler, araştırmacı tarafından geliştirilen ve mevsimlerin oluşumu ile Ay'ın evreleri konularına yönelik altı açık uçlu sorudan oluşan "Astronomi Soruları Formu" aracılığıyla toplanmıştır. Uygulama sürecinde Dünya'nın eksen eğikliği, Güneş etrafındaki dolanma hareketi ve Ay'ın Dünya etrafındaki hareketlerini temsil eden fiziksel modeller kullanılmış; öğretmenlerin modeller üzerinden gözlem yapmaları, açıklama geliştirmeleri ve bilimsel ilişki kurmaları sağlanmıştır.

Araştırma bulguları, öğretmenlerin uygulama öncesinde özellikle mevsimlerin oluşumu, Ay'ın evreleri ve dönme–dolanma kavramları konusunda çeşitli kavram yanılgılarına sahip olduklarını göstermiştir. Eğitim sonrasında ise öğretmenlerin bilimsel açıklama düzeylerinde artış olduğu, kavram yanılgılarının azaldığı ve dönme–dolanma kavramlarını daha doğru biçimde kullandıkları belirlenmiştir. Ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması, fiziksel model temelli öğretimin kavramsal anlamayı geliştirmede etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, fiziksel modellerin astronomi gibi soyut fen konularının öğretiminde kavramsal öğrenmeyi destekleyen etkili bir öğretim aracı olduğu düşünülmektedir. Bu doğrultuda, sınıf öğretmenlerine yönelik model temelli hizmet içi eğitim uygulamalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Astronomi, mevsimler, Ay'ın evreleri, dönme, dolanma

MODEL-BASED ASTRONOMY TEACHING: SEASONS AND PHASES OF THE MOON FOR PRIMARY SCHOOL TEACHERS

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the effect of physical model-based astronomy instruction on primary school teachers' conceptual understanding of the topics "seasons" and "phases of the Moon." Astronomy topics may lead to various misconceptions among both students and teachers due to their

abstract nature, the inclusion of three-dimensional spatial relationships, and their potential conflict with everyday life experiences. In this context, the study investigated the effects of a teaching process supported by physical models on teachers' scientific explanations.

The research was conducted with 30 primary school teachers working in Samsun Province during the first semester of the 2025–2026 academic year. A quasi-experimental design based on a single-group pre-test–post-test model was employed in the study. Data were collected using the "Astronomy Questions Form," developed by the researcher, consisting of six open-ended questions related to the formation of seasons and the phases of the Moon. During the implementation process, physical models representing the Earth's axial tilt, its revolution around the Sun, and the Moon's motion around the Earth were used. Teachers were encouraged to make observations, develop explanations, and establish scientific relationships through these models.

The findings revealed that prior to the implementation, teachers had several misconceptions, particularly regarding the formation of seasons, the phases of the Moon, and the concepts of rotation and revolution. Following the instruction, teachers demonstrated improved levels of scientific explanation, reduced misconceptions, and more accurate use of the concepts of rotation and revolution. Comparisons between the pre-test and post-test results indicated that physical model-based instruction was effective in improving conceptual understanding.

In conclusion, physical models can be considered effective instructional tools for supporting conceptual learning in abstract science topics such as astronomy. Accordingly, it is recommended that model-based in-service training programs for primary school teachers be expanded.

Keywords: Astronomy, seasons, phases of the Moon, rotation, revolution.

GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca gökyüzünü ve evreni anlamaya çalışmış; Güneş'in doğuşu, Ay'ın görünümündeki değişimler ve mevsimlerin oluşumu gibi olayların nedenlerini merak etmiştir. Bu süreç, astronomi biliminin gelişmesine zemin hazırlamıştır. Astronomi, gök cisimlerinin özelliklerini ve hareketlerini inceleyen, evrenin yapısının anlaşılmasına katkı sağlayan temel bilim dallarından biridir (Percy, 2014).

Astronomi eğitimi, bireylerin evrendeki yerlerini anlamalarına, doğa olaylarını bilimsel bakış açısıyla değerlendirmelerine ve sorgulama becerilerini geliştirmelerine katkı sağlar. Ancak araştırmalar, öğrencilerin mevsimlerin oluşumu ve Ay'ın evreleri gibi konularda çeşitli kavram yanılgılarına sahip olduklarını göstermektedir (Baxter, 1989; Bisard vd., 1994; Schneps & Sadler, 1989; Trumper, 2006). Bu yanılgıların önemli nedenlerinden biri, konuların soyut yapısı ve uzamsal ilişkilerin yeterince somutlaştırılamamasıdır (Yu, 2005). Geleneksel öğretim yöntemleri, öğrencilerin astronomi kavramlarını yüzeysel öğrenmelerine ve yanlış modeller geliştirmelerine neden olabilmektedir. Soyut kavramların yoğun olduğu astronomi konularında, öğrencilere somut deneyimler sunmak, gözlem ve modelleme etkinlikleriyle onları sürece aktif biçimde dâhil etmek öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır (Türk, 2015).

Literatürde, model temelli öğretim uygulamalarının astronomi kavramlarının anlaşılmasında etkili olduğu vurgulanmaktadır. Özellikle fiziksel modeller, soyut kavramların somutlaştırılmasına, gök cisimleri arasındaki ilişkilerin anlaşılmasına ve kavramsal yanılgıların giderilmesine katkı sağlamaktadır (Plummer & Krajcik, 2010; Testa vd., 2015; Wilhelm vd., 2018; Semercioğlu & Kalkan, 2025).

Bu araştırmada, sınıf öğretmenlerine yönelik olarak "Mevsimler" ve "Ay'ın Evreleri" konularında fiziksel model temelli öğretimin etkililiği incelenmiştir. Çalışmada, fiziksel model kullanımının öğretmenlerin kavramsal anlama düzeyleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Problem durumları;

Fiziksel model temelli öğretim sürecinin, sınıf öğretmenlerinin mevsimlerin ve Ay'ın evrelerinin; oluşumuna etki eden faktörleri belirleme, bu faktörlerin nedenlerini açıklama ve sonuçları bilimsel olarak ifade etme düzeyleri üzerindeki etkisi nasıldır?

Fiziksel model temelli öğretim sürecinin, sınıf öğretmenlerinin mevsimlerin oluşumu ve Ay'ın evreleri konularında dönme ve dolanma kavramlarını doğru kullanma düzeyleri üzerindeki etkisi nasıldır?

YÖNTEM

Araştırma Deseni

Bu çalışma, sınıf öğretmenlerinin temel astronomi konularındaki kavramsal anlayışlarını incelemek amacıyla yarı deneysel araştırma deseni ile yürütülmüştür. Araştırmada tek grup ön test–son test modeli kullanılmıştır. Bu kapsamda öğretmenlerin eğitim öncesindeki bilgi düzeyleri ön test ile belirlenmiş, fiziksel model temelli bir günlük hizmet içi eğitimin ardından son test uygulanarak bilgi düzeylerindeki değişim değerlendirilmiştir.

Eğitim öncesinde, öğretmenlerin mevsimlerin oluşumu ve Ay'ın evreleri konularındaki bilgi düzeylerini ve kavramsal anlamalarını belirlemek amacıyla araştırmacı tarafından geliştirilen "Astronomi Soruları Formu" uygulanmıştır. Formda, sıralama, gerekçelendirme ve bilimsel açıklama gerektiren 6 açık uçlu soru yer almaktadır. Eğitim sürecinde Dünya'nın küresel yapısı, eksen eğikliği ve Güneş etrafındaki hareketleri temel alınarak geliştirilen modeller aracılığıyla mevsimlerin oluşumu ve Ay'ın evreleri açıklanmıştır. Öğretmenler, aktif katılım sağlayarak astronomik olayları modeller üzerinden deneyimlemişlerdir. Eğitim sonunda aynı ölçme aracı yeniden uygulanmış ve öğretmenlerin bilgi düzeylerinde meydana gelen değişim değerlendirilmiştir. Ön test ve son test uygulamaları yaklaşık 20–25 dakika sürmüştür.

Evren ve Örneklem

Araştırmanın çalışma grubunu, 2025–2026 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde, Samsun ilindeki farklı okullarda görev yapan ve araştırmaya gönüllülük esasına göre katılan 30 sınıf öğretmeni oluşturmaktadır. Samsun ilinde görev yapan 30 sınıf öğretmeni kolay ulaşılabilir örneklem yöntemiyle seçilmiştir. Kolay ulaşılabilir örneklem (veya uygun örnekleme), araştırmacının örneklem grubuna en kolay, hızlı ve pratik şekilde ulaşmasına imkân tanıyan bir örnekleme tekniğidir (Büyüköztürk, 2012). Araştırmaya katılan 30 sınıf öğretmeninin yarısı kadın (%50), yarısı erkektir (%50). Katılımcıların büyük bir kısmı (%63,3) 11 yıl ve üzeri deneyime sahip olup, bu durum grubun öğretmenlik mesleğinde deneyimli bireylerden oluştuğunu göstermektedir. Katılımcıların %33,3'ü 6–10 yıl, yalnızca %3,3'ü 1–5 yıl aralığında çalışmaktadır.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen "Astronomi Soruları Formu" kullanılmıştır. Form, sınıf öğretmenlerinin mevsimlerin oluşumu ve Ay'ın evreleri konularındaki bilgi düzeylerini ve kavramsal anlayışlarını belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Toplam altı açık uçlu sorudan oluşan formun ilk üç sorusu mevsimlerin oluşumuna, son üç sorusu ise Ay'ın evrelerine ilişkindir. Sorular, katılımcıların verilen ifadeleri güçlü etkiden zayıf etkiye doğru sıralamalarını, gerekçelerini açıklamalarını ve ilgili bilimsel kavramlarla ilişki kurmalarını gerektirecek şekilde yapılandırılmıştır.

Ölçme aracının geçerlik ve güvenirliğini sağlamak amacıyla fen eğitimi alan yazını incelenmiş, soruların temel astronomi kavramlarını kapsamasına dikkat edilmiştir. Hazırlanan form; fen eğitimi, fizik eğitimi ve astronomi eğitimi alanlarındaki uzmanların görüşlerine sunulmuş, alınan geri bildirimler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılarak son hâli verilmiştir.

Araştırma öncesinde küçük bir katılımcı grubuyla pilot uygulama gerçekleştirilmiş; soruların anlaşılırlığı, uygulanabilirliği ve uygulama süresi değerlendirilmiştir. Elde edilen dönütler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılarak veri toplama aracına son şekli verilmiştir.

Verilerin analizinde öğretmenlerin "dönme" ve "dolanma" kavramlarını kullanma biçimleri sistematik olarak incelenmiş, benzer ifadeler aynı kavramsal kategoriler altında değerlendirilerek analizlerin tutarlılığı artırılmaya çalışılmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcılar araştırmanın amacı hakkında bilgilendirilmiş, verilerin yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağı belirtilmiş ve gönüllü katılım esas alınmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen verilerin analizinde nicel veri analizi yöntemlerinden yararlanılmıştır. Ön test ve son test uygulamalarından elde edilen yanıtlar araştırmacı tarafından puanlanmış ve öğretmenlerin astronomi konularındaki kavramsal bilgi düzeyleri sayısal verilere dönüştürülmüştür.

Elde edilen veriler betimleyici istatistikler (frekans, yüzde, ortalama ve standart sapma) kullanılarak analiz edilmiştir. Ön test ve son test puanları arasındaki farkın belirlenmesi amacıyla ilişkili örneklemler t-testi uygulanmıştır. Analizler SPSS paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca öğretmenlerin yanıtlarında "dönme" ve "dolanma" kavramlarını doğru ya da hatalı kullanma durumları incelenmiş, kavramsal değişim ön test ve son test sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Böylece fiziksel model temelli öğretimin öğretmenlerin kavramsal anlayışları üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur.

BULGULAR

Bu bölümde, araştırmada kullanılan veri toplama araçlarından elde edilen verilerin çözümlenmesi sonucunda ortaya çıkan bulgular ve bu bulguların ayrıntılı analizleri sunulmuştur.

Mevsimler Konusu ile İlgili Bulgular

Şekil 1
Araştırmanın Birinci Sorusu

Soru 1: *Mevsimlerin **olası** oluşma nedenleri:*

a. Dünya'nın sahip olduğu 23.27 derece eksen eğikliği.

b. Dünya'nın Güneş'in etrafında dolanması.

c. Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi.

d. Dünya'nın birim yüzeyine düşen Güneş ışınlarının yıl boyunca değişimi.

e. Dünya'nın yaklaşık küresel bir yapıya sahip olması.

f. Dünya'nın Güneş' e yıl boyunca yaklaşıp uzaklaşması.

Yukarıdaki 6 şıkta mevsimlerin olası oluşma nedenleri verilmiştir. Mevsimlerin oluşma nedenlerini ***en güçlü etkiden en zayıf etkiye*** doğru sıralayınız.

Cevap:

1. Sıra:……..
2. Sıra:……..
3. Sıra:……..

Tablo 1
Mevsimlerin Oluşum Nedenlerine İlişkin Açıklamaların Ön Test ve Son Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Şık	Ön Test (f)	Ön Test (%)	Son Test (f)	Son Test (%)	Değişim
A	22	24,4	23	25,6	+1,2 artış
B	26	28,9	24	26,7	–2,2 azalış
C	3	3,3	3	3,3	0,0
D	17	18,9	23	25,6	+6,7 artış
E	5	5,6	8	8,9	+3,3 artış
F	15	16,7	6	6,7	–10,0 azalış
Boş	2	2,2	3	3,3	+1,1 artış

*Renkli seçenekler istenen seçeneklerdir.

Katılımcıların ön testte en fazla Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (B) seçeneğini tercih ettikleri (%28,9), bunu Dünya'nın 23,27° eksen eğikliği (A) (%24,4) ve birim yüzeye düşen Güneş ışınlarının yıl boyunca değişimi (D) (%18,9) seçeneklerinin izlediği görülmektedir. Son test sonuçlarında ise Dünya'nın 23,27° eksen eğikliği (A) ve birim yüzeye düşen Güneş ışınlarının yıl boyunca değişimi (D) seçeneklerinin tercih edilme oranlarının arttığı (%25,6), Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (B) seçeneğinin ise küçük bir düşüş gösterdiği (%26,7) belirlenmiştir.

Bilimsel olarak hatalı kabul edilen Dünya'nın Güneş'e yıl boyunca yaklaşıp uzaklaşması (F) seçeneğinin ön testte %16,7 oranında tercih edilirken son testte %6,7'ye düşmesi, uygulama sonrasında katılımcıların bu kavram yanılgısında azalma olduğunu göstermektedir.

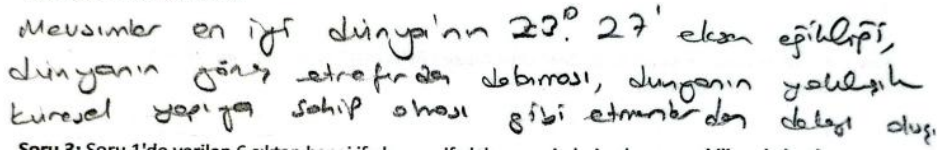
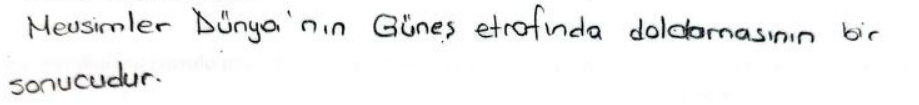
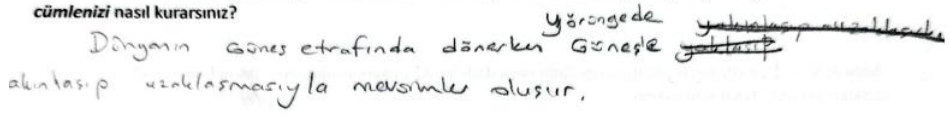
Soru 2: 1. soruda verilmiş olan 6 şıktaki ifadeleri kullanarak, mevsimlerin oluşmasıyla ilgili ***en iyi cümlenizi*** nasıl kurarsınız?

Tablo 2
İkinci Soru Değerlendirme Ölçütü

Kategori	Değerlendirme Ölçütü
Doğru Açıklama	Dünya'nın 23,27° eksen eğikliği (A), Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (B) ve Dünya'nın yaklaşık küresel yapıya sahip olması (E) ifadelerinin üçünün birlikte yer aldığı yanıtlar
Kısmen Doğru Açıklama	Dünya'nın 23,27° eksen eğikliği (A), Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (B) ve Dünya'nın yaklaşık küresel yapıya sahip olması (E) ifadelerinden yalnızca birini veya ikisini içeren yanıtlar
Yanlış Açıklama	Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi (C) ve Dünya'nın Güneş'e yıl boyunca yaklaşıp uzaklaşması (F) ifadelerini içeren yanıtlar
Boş	Boş bırakılan yanıtlar

Tablo 3

İkinci Soruya Verilen Örnek Yanıtlar

Değerlendirme	İkinci Soruya verilen örnek yanıtlar
Doğru	**Soru 2:** 1. soruda verilmiş olan 6 şıktaki ifadeleri kullanarak, mevsimlerin oluşmasıyla ilgili ***en iyi cümlenizi*** nasıl kurarsınız? 
Kısmen Doğru	**Soru 2:** 1. soruda verilmiş olan 6 şıktaki ifadeleri kullanarak, mevsimlerin oluşmasıyla ilgili ***en iyi cümlenizi*** nasıl kurarsınız? 
Yanlış	**Soru 2:** 1. soruda verilmiş olan 6 şıktaki ifadeleri kullanarak, mevsimlerin oluşmasıyla ilgili ***en iyi cümlenizi*** nasıl kurarsınız? 

Tablo 4

Soru 2'ye Ait Ön Test ve Son Test Yanıtlarının Karşılaştırılması

Değerlendirme	Ön Test (f)	Ön Test (%)	Son Test (f)	Son Test (%)	Değişim
Doğru	6	20,0	18	60,0	+40,0 artış
Kısmen Doğru	5	16,7	6	20,0	+3,3 artış
Yanlış	19	63,3	6	20,0	–43,3 azalış
Toplam	30	100	30	100	0,0

Bu soruda öğretmenlerin mevsimlerin oluşum nedenlerini bilimsel olarak doğru açıklayan faktörleri belirlemeleri beklenmiştir. Bu kapsamda Dünya'nın eksen eğikliği, Güneş etrafındaki dolanma hareketi ve Dünya'nın küresel şekli ile ilişkili açıklamalar doğru yanıt olarak kabul edilmiştir.

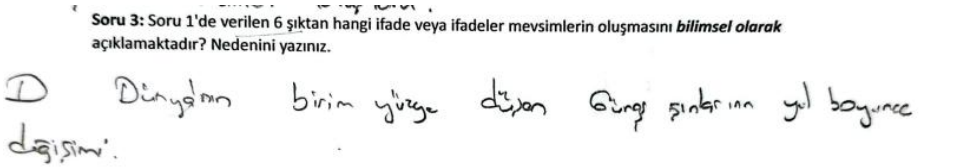
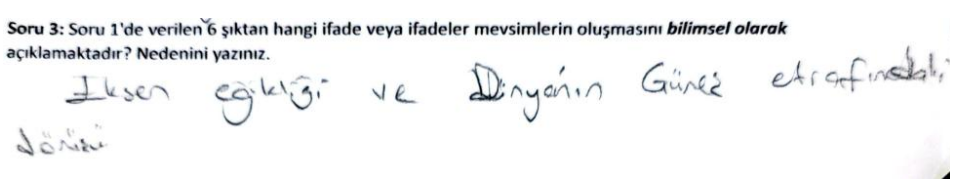
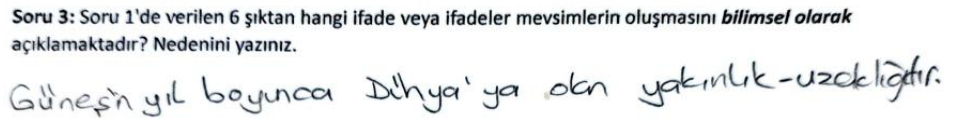
Doğru yanıt oranı, ön testte %20 iken son testte %60'a yükselmiştir → 40 puanlık artış. Yanlış yanıt oranı, %63,3'ten %20'ye düşerek 43,3 puanlık azalma göstermiştir. Kısmen doğru yanıt oranı ise %16,7'den %20'ye hafif bir artış göstermektedir.

Soru 3: Soru 1' de verilen 6 şıktan hangi ifade veya ifadeler mevsimlerin oluşmasını ***bilimsel olarak*** açıklamaktadır? Nedenini yazınız.

Tablo 5
Üçüncü Soru Değerlendirme Ölçütü

Kategori	Değerlendirme Ölçütü
Doğru Açıklama	Birim yüzeye düşen Güneş ışınlarının yıl boyunca değişimi (D) seçeneğini içeren yanıtlar
Kısmen Doğru Açıklama	Dünya'nın 23,27° eksen eğikliği (A), Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (B) ve Dünya'nın yaklaşık küresel yapıya sahip olması (E) ifadelerinden birini veya daha fazlasını içeren yanıtlar
Yanlış Açıklama	Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi (C) veya Dünya'nın Güneş'e yıl boyunca yaklaşıp uzaklaşması (F) ifadelerini içeren yanıtlar
Boş	Boş bırakılan yanıtlar

Tablo 6
Üçüncü Soruya verilen örnek yanıtlar

Değerlendirme	Üçüncü Soruya verilen örnek yanıtlar
Doğru	
Kısmen Doğru	
Yanlış	

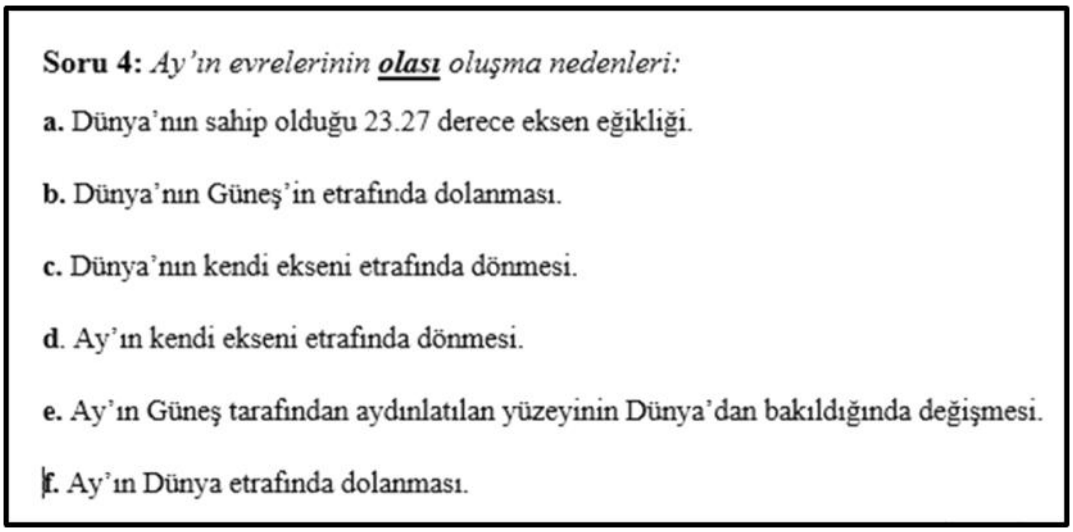
Tablo 7
Soru 3'e Ait Ön Test ve Son Test Yanıtlarının Karşılaştırılması

Değerlendirme	Ön Test (f)	Ön Test (%)	Son Test (f)	Son Test (%)	Değişim
Doğru	4	13,3	9	30,0	+16,7 artış
Kısmen Doğru	10	33,3	12	40,0	+6,7 artış
Yanlış	16	53,3	9	30,0	–23,3 azalış
Toplam	30	100	30	100	0,0

Soru 3'e ait ön test–son test karşılaştırması incelendiğinde, katılımcıların mevsimlerin oluşumuna ilişkin bilimsel açıklama yapma düzeylerinde anlamlı bir değişim olduğu görülmektedir. Ön testte katılımcıların yalnızca %13.3'ü (n=4) bilimsel olarak doğru açıklama yapabilirken, son testte bu oran %30'a (n=9) yükselmiştir. Kısmen doğru yanıtların ön testte %33.3 (n=10) olduğu; son testte ise %40 (n=12) seviyesine çıktığı görülmüştür. Yanlış yanıt oranı ön testte %53.3 (n=16) iken son testte %30 (n=9) seviyesine düşmüştür.

Evreler Konusu ile İlgili Bulgular

Şekil 2
Araştırmanın Dördüncü Sorusu


Soru 4: *Ay'ın evrelerinin **olası** oluşma nedenleri:*

a. Dünya'nın sahip olduğu 23.27 derece eksen eğikliği.

b. Dünya'nın Güneş'in etrafında dolanması.

c. Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi.

d. Ay'ın kendi ekseni etrafında dönmesi.

e. Ay'ın Güneş tarafından aydınlatılan yüzeyinin Dünya'dan bakıldığında değişmesi.

f. Ay'ın Dünya etrafında dolanması.

Tablo 8
Ay'ın Evrelerinin Oluşumuna İlişkin Açıklamaların Ön Test ve Son Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Şık	Ön Test (f)	Ön Test (%)	Son Test (f)	Son Test (%)	Değişim
A	3	5,0	10	16,7	+11,7 artış
B	7	11,7	4	6,7	–5,0 azalış
C	7	11,7	2	3,3	–8,4 azalış
D	8	13,3	9	15,0	+1,7 artış
E	11	18,3	13	21,7	+3,4 artış
F	24	40,0	21	35,0	–5,0 azalış
Boş	0	0,0	1	1,7	+1,7 artış

*Renkli seçenekler istenen seçeneklerdir.

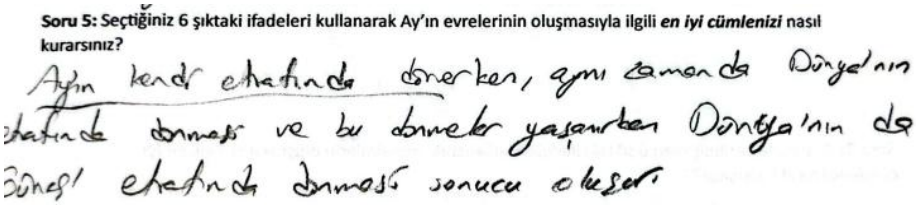
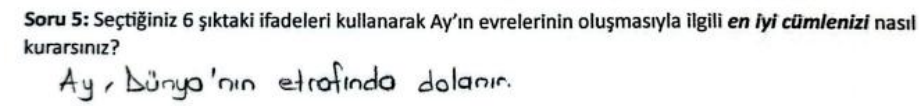
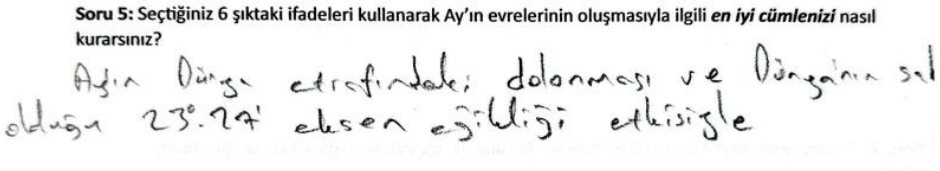
Her iki ölçümde de F şıkkı (Ay'ın Dünya etrafında dolanması) en çok tercih edilen seçenek olmuştur; oranı ön testte %40,0 iken son testte %35,0'a düşmüştür. E şıkkı (Ay'ın Güneş tarafından aydınlatılan yüzeyinin Dünya'dan bakıldığında değişmesi) oranı %18,3'ten %21,7'ye yükselmiştir. A şıkkı (Dünya'nın eksen eğikliği) %5,0'ten %16,7'ye çıkarak daha sık yazılmaya başlanmıştır. Kavram yanılgısı içeren C şıkkı (Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi) %11,7'den %3,3'e gerilemiştir. B şıkkı (Dünya'nın Güneş etrafında dolanması) ise %11,7'den %6,7'ye düşmüştür. Bir katılımcı son testte 2. tercihi boş bırakmıştır (%1,7).Genel olarak iki doğru şık (F ve E) son testte daha fazla tercih edilmiştir.

Soru 5: Seçtiğiniz 6 şıktaki ifadeleri kullanarak Ay'ın evrelerinin oluşmasıyla ilgili ***en iyi cümlenizi*** nasıl kurarsınız?

Tablo 9
Beşinci Soru Değerlendirme Ölçütü

Kategori	Değerlendirme Ölçütü
Doğru Açıklama	Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (b) ve Ay'ın Dünya etrafında dolanması (f) ifadelerinin birlikte yer aldığı yanıtlar
Kısmen Doğru Açıklama	Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (b) veya Ay'ın Dünya etrafında dolanması (f) ifadelerinden yalnızca birini içeren yanıtlar
Yanlış Açıklama	Dünya'nın sahip olduğu 23,27 derece eksen eğikliği (a), Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi (c) ve Ay'ın kendi ekseni etrafında dönmesi (d) ifadelerini içeren yanıtlar
Boş	Boş bırakılan yanıtlar

Tablo 10
Beşinci Soruya Verilen Örnek Yanıtlar

Değerlendirme	**Beşinci Soruya verilen örnek yanıtlar**
Doğru	
Kısmen Doğru	
Yanlış	

Tablo 11
Soru 5'e Ait Ön Test ve Son Test Yanıtlarının Karşılaştırılması

Değerlendirme	**Ön Test (f)**	**Ön Test (%)**	**Son Test (f)**	**Son Test (%)**	**Değişim**
Doğru	15	50,0	15	50,0	0,0
Kısmen Doğru	0	0,0	13	43,3	+43,3 artış
Yanlış	15	50,0	2	6,7	–43,3 azalış
Toplam	30	100	30	100	0,0

Ön testte katılımcıların %50,si (f=15) bilimsel olarak doğru açıklama yapabilmiştir. Yanlış açıklama oranı ise aynıdır (%50, f=15). Bu yanlış açıklamaların çoğunda katılımcılar Dünya'nın eksen eğikliği, Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi veya Ay'ın kendi ekseni etrafında dönmesi gibi Ay'ın evreleriyle ilgisiz kavramları kullanmıştır.Son testte ise doğru açıklama yapan katılımcı sayısı %50'ye (f=15) kalmış, yanlış açıklamaların oranı %6,7'ye (f=2) düşmüştür. Ayrıca kısmen doğru açıklamalar %0'dan %43,3'e yükselmiştir; bu durum, katılımcıların büyük çoğunluğunun doğru kavram ilişkilerini kurmaya başladığını fakat bir kısmının hâlâ eksik ifade kullandığını göstermektedir.

Soru 6: Soru 4' de verilen 6 şıktan hangi ifade veya ifadeler Ay'ın evrelerinin oluşmasını ***bilimsel olarak*** açıklamaktadır? Nedenini yazınız.

Tablo 12
Altıncı Soru Değerlendirme Ölçütü

Kategori	Değerlendirme Ölçütü
Doğru Açıklama	Ay'ın Güneş tarafından aydınlatılan yüzeyinin Dünya'dan bakıldığında değişmesi (e) ifadesini içeren yanıtlar
Kısmen Doğru Açıklama	Dünya'nın Güneş etrafında dolanması (b) ve Ay'ın Dünya etrafında dolanması (f) ifadelerinden birini veya ikisini içeren yanıtlar
Yanlış Açıklama	Dünya'nın sahip olduğu 23,27 derece eksen eğikliği (a), Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi (c) ve Ay'ın kendi ekseni etrafında dönmesi (d) ifadelerini içeren yanıtlar
Boş	Boş bırakılan yanıtlar

Tablo 13
Altıncı Soruya Verilen Örnek Yanıtlar

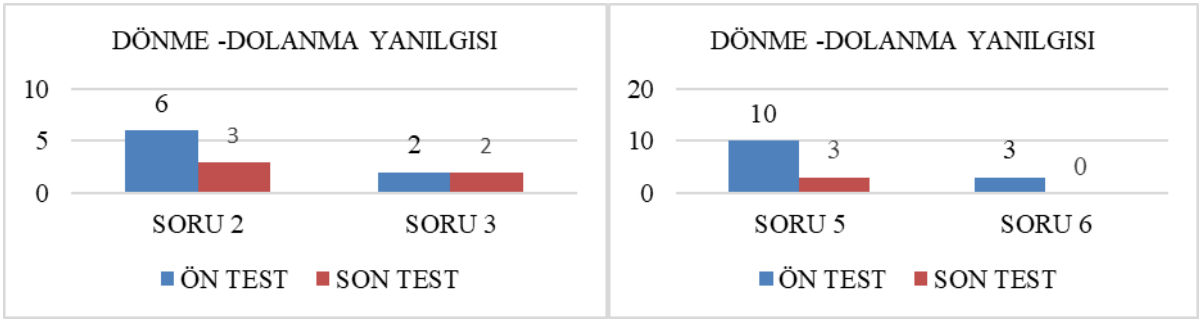
Değerlendir-me	**Altıncı soruya verilen örnek yanıtlar**
Doğru	**Soru 6:** Soru 1'de verilen 6 şıktan hangi ifade veya ifadeler Ay'ın evrelerinin oluşmasını **bilimsel olarak** açıklamaktadır? Nedenini yazınız. e şıkkı. Ay'ın Güneş tarafından aydınlatılan yüzeyinin Dünya'dan bakıldığında değişmesi
Kısmen Doğru	**Soru 6:** Soru 1'de verilen 6 şıktan hangi ifade veya ifadeler Ay'ın evrelerinin oluşmasını **bilimsel olarak** açıklamaktadır? Nedenini yazınız. f şıkkı. Bir ayın süresini Ay'ın Dünya etrafında bir turu ile oluşturduğunu düşünüyorum
Yanlış	**Soru 6:** Soru 4'de verilen 6 şıktan hangi ifade veya ifadeler Ay'ın evrelerinin oluşmasını **bilimsel olarak** açıklamaktadır? Nedenini yazınız. — Ay'ın kendi etrafında dönmesi — Ay'ın Dünya " " " — 23.27 derecelik eğikliği.

Tablo 14
Soru 6'ya Ait Ön Test ve Son Test Yanıtlarının Karşılaştırılması

Değerlendirme	Ön Test (f)	Ön Test (%)	Son Test (f)	Son test (%)
Doğru	7	%23.3	18	%60.0
Kısmen Doğru	9	%30	7	%23.3
Yanlış	14	%46.7	5	%16.7
Toplam	30	%100	30	%100

Öğretim süreci sonrası doğru yanıt veren katılımcı sayısı 7'den 18'e yükselmiş, doğru oranı %23,3'ten %60'a çıkmıştır. Kısmen doğru yanıtlar 9'dan 7'ye düşmüş, bu durum eksik açıklamaların büyük ölçüde tamamlandığını göstermektedir. Yanlış yanıtlar 14'ten 5'e düşmüş ve yanlış oranı %46,7'den %16,7'ye gerilemiştir.

Şekil 3
Dönme Dolanma Kavramlarının Yanlış Kullanımı



Tablo 15
Dönme-Dolanma Kavram Yanılgılarına Örnek Yanıtlar

Değerlendirme	Dönme-dolanma kavram yanılgılarına örnek yanıtlar
Mevsimlerin Oluşumu (Soru 2 ve 3)	**Soru 3:** Soru 1'de verilen 6 şıktan hangi ifade veya ifadeler mevsimlerin oluşmasını ***bilimsel olarak*** açıklamaktadır? Nedenini yazınız.
Ay'ın Evreleri (Soru 5 ve 6)	**Soru 5:** Seçtiğiniz 6 şıktaki ifadeleri kullanarak Ay'ın evrelerinin oluşmasıyla ilgili ***en iyi cümlenizi*** nasıl kurarsınız?

Araştırma problemine ilişkin bulgular incelendiğinde, öğretim süreci sonrasında öğretmenlerin mevsimlerin oluşumu ve Ay'ın evreleri konularında dönme ve dolanma kavramlarını yanlış kullanma

oranlarının azaldığı görülmektedir. Ayrıca öğretmenlerin mevsimlerin oluşumunu Dünya'nın dönme hareketiyle, Ay'ın evrelerini ise Dünya'nın gölgesiyle ilişkilendiren bilimsel olmayan açıklamalarında da azalma olduğu belirlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Soru 1 için öğretim süreci sonunda beklenen seçeneklerin (A, B ve E) toplam tercih oranı %58,9'dan %61,2'ye yükselmiştir. Ayrıca Dünya–Güneş uzaklığına dayalı yanılgıyı temsil eden F seçeneğinin tercih edilme oranı %16,7'den %6,7'ye düşmüştür. En olumlu değişim, hatalı bir açıklama olan F seçeneğinin %10 oranında azalmasıdır.

Soru 2 için yapılan bağımlı örneklemler t-testi sonuçları, fiziksel model temelli öğretim sonrasında öğretmenlerin puanlarının anlamlı düzeyde arttığını göstermiştir. Öğretmenlerin son test puan ortalaması ($\bar{X}$ = 2.40, SS = 0.81), ön test puan ortalamasından ($\bar{X}$ = 1.57, SS = 0.82) daha yüksektir. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (t = 4.631, p < .001). Ayrıca etki büyüklüğünün yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Cohen's d = 0.846).

Soru 3 için yapılan bağımlı örneklemler t-testi sonuçları da öğretim sürecinin öğretmenlerin başarı düzeylerini anlamlı biçimde artırdığını göstermiştir. Son test puan ortalaması ($\bar{X}$ = 2.00, SS = 0.79), ön test puan ortalamasından ($\bar{X}$ = 1.60, SS = 0.72) yüksektir. Ön test ve son test puanları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t = 2.69, p = .012). Etki büyüklüğü orta düzeydedir (Cohen's d = 0.492).

Soru 4 için Ay'ın evrelerinin oluşumunu açıklayan beklenen seçeneklerin (B ve F) toplam tercih oranı ön testte %51,7 iken son testte %41,7'ye düşmüştür. Buna karşılık, Ay'ın evrelerinin oluşumunun bir sonucu olan E seçeneğinin tercih edilme oranı artmıştır. Bu durum, katılımcıların Ay'ın evrelerine ilişkin neden-sonuç ilişkisini tam olarak kuramadıklarını ve oluşum mekanizmasından çok gözlenen değişime odaklandıklarını göstermektedir. Öğretim sürecinin Ay'ın evrelerinin oluşum nedenlerini ayırt etme konusunda beklenen düzeyde gelişim sağlamadığını göstermektedir.

Soru 5 için yapılan bağımlı örneklemler t-testi sonuçları, fiziksel model temelli öğretim sonrasında öğretmenlerin puanlarında anlamlı bir artış olduğunu göstermiştir. Son test puan ortalaması ($\bar{X}$ = 2.43, SS = 0.63), ön test puan ortalamasından ($\bar{X}$ = 2.00, SS = 1.02) daha yüksektir. Ön test ve son test puanları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t = 2.15, p = .040). Ancak etki büyüklüğünün düşük-orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Cohen's d = 0.392).

Soru 6 için yapılan bağımlı örneklemler t-testi sonuçları, fiziksel model temelli öğretimin öğretmenlerin başarı düzeylerini anlamlı ve güçlü biçimde artırdığını göstermiştir. Son test puan ortalaması ($\bar{X}$ = 2.43, SS = 0.77), ön test puan ortalamasından ($\bar{X}$ = 1.67, SS = 0.76) daha yüksektir. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (t = 4.68, p < .001). Ayrıca etki büyüklüğünün yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Cohen's d = 0.854).

Dönme–Dolanma Kavram Yanılgıları

Fiziksel model temelli öğretim sonrasında öğretmenlerin dönme ve dolanma kavramlarını yanlış kullanma düzeylerinde azalma görülmüştür. Mevsimler konusuna ilişkin Soru 2'de yanlış kullanım yapan öğretmen sayısı 6'dan 3'e düşerken, Soru 3'te 2 olarak değişmemiştir. Ay'ın evrelerine ilişkin Soru 5'te yanlış kullanım sayısı 10'dan 3'e, Soru 6'da ise 3'ten 0'a düşmüştür. Bulgular, öğretim sürecinin özellikle Ay'ın evreleri konusunda dönme–dolanma kavram yanılgılarını önemli ölçüde azalttığını ve öğretmenlerin bu kavramları daha bilimsel biçimde kullanmaya başladıklarını göstermektedir.

ÖNERİLER

Bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, astronomi gibi soyut kavramların öğretiminde fiziksel model temelli öğretim uygulamalarına daha fazla yer verilmesi önerilmektedir. Özellikle

mevsimler ve Ay'ın evreleri gibi üç boyutlu düşünme gerektiren konuların öğretiminde somut materyal kullanımının kavramsal anlamayı desteklediği düşünülmektedir. Ayrıca öğretmen eğitimlerinde uygulamalı ve aktif katılımı destekleyen etkinliklerin yaygınlaştırılması, öğretmenlerin astronomi konularına ilişkin bilimsel açıklamaları daha doğru yapılandırmalarına katkı sağlayabilir. Hizmet içi eğitim programlarının astronomi konularındaki kavram yanılgılarını gidermeye yönelik etkinliklerle zenginleştirilmesi ve öğretim sürecinde gözlem, model oluşturma ve uygulama temelli etkinliklere daha fazla yer verilmesi önerilmektedir. Benzer çalışmalar farklı illerde görev yapan öğretmenlerle yürütülerek bulguların genellenebilirliği artırılabilir. Fiziksel model temelli astronomi öğretiminin farklı yaş grupları ve farklı eğitim kademeleri üzerindeki etkileri incelenebilir. Akademik başarının yanı sıra tutum, motivasyon, öz yeterlik ve kalıcı öğrenme gibi değişkenler de değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education, 11*(5), 502–513.

Bisard, W. J., Aron, R. H., Francek, M. A., & Nelson, C. (1994). Assessing selected physical science and earth science misconceptions of middle school students. *Journal of Science Education and Technology, 3*(1), 31–41.

Özşen, Z. ve Kalkan, H. (2025). Türkiye'de astronomi eğitiminde model kullanımı konulu araştırmalar üzerine sistematik bir derleme. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 63*, 967-994.

Percy, J. R. (2014). Astronomy education: An international perspective. *International Journal of Astrobiology, 13*(2), 139–152.

Plummer, J. D., & Krajcik, J. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an Earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(7), 768–787.

Schneps, M. H., & Sadler, P. M. (1989). *A private universe*. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

Semercioğlu, M. G. & Kalkan, H. (2025). Astronomi eğitimi amacıyla geliştirilen fiziksel modellerin yeterliği hakkındaki öğretmen görüşleri. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25*(1), 55–82. https://doi.org/10.17240/aibuefd.2025..-1413800

Testa, I., Galano, S., Leccia, S., & Puddu, E. (2015). Development and validation of a learning progression for celestial motion. *Physical Review Physics Education Research, 11*, 020102.

Türk, C. (2015). *Modellerle yapılan eğitimin Güneş sistemi ve ötesi konusundaki etkisi* (Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi).

Trumper, R. (2006). Teaching future teachers basic astronomy concepts—Seasonal changes—At a time of reform in science education. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(9), 879–906. https://doi.org/10.1002/tea.20138

Wilhelm, J. A., Sherrod, S. E., & Walters, K. (2018). How middle level science teachers visualize and translate Sun–Earth–Moon relationships. *Physical Review Physics Education Research, 14*, 010150.

Yu, K. C. (2005). Digital planetariums: The future of astronomy education. *Planetarian, 34*(3), 6–10.

MEB 2024 VE MEB 2018 MATEMATİK ÖĞRETİM PROGRAMLARININ SOLO TAKSONOMİSİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Hakan YILDIZ

Gaziantep Üniversitesi,Gaziantep Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye.

Prof. Dr. Tuğba Han ŞİMŞEKLER DİZMAN

Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye.

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan 2018 Matematik Öğretim Programı ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Öğretim Programı'nda yer alan kazanım ve öğrenme çıktılarının SOLO Taksonomisi çerçevesinde incelenerek bilişsel düzeyler açısından karşılaştırılmasıdır. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında doküman analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, her iki öğretim programında yer alan ortaokul 5, 6, 7 ve 8. sınıf düzeylerindeki tüm matematik kazanımları ve öğrenme çıktıları kapsamlı ve ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, SOLO Taksonomisi'nin yapı öncesi, tek yönlü yapı, çok yönlü yapı, ilişkisel yapı ve soyutlanmış yapı basamaklarına göre sınıflandırılmıştır. Verilerin analiz sürecinde her bir kazanımın bilişsel gereklilikleri ve hedeflediği beceriler titizlikle dikkate alınmış, kodlama güvenirliğini sağlamak amacıyla uzman görüşüne başvurulmuş ve sınıf düzeylerine göre dağılımları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma bulguları, her iki öğretim programında da kazanım ve öğrenme çıktılarının ağırlıklı olarak tek yönlü yapı, çok yönlü yapı ve ilişkisel yapı düzeylerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bununla birlikte, 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Öğretim Programı'nda ilişkisel yapı ve soyutlanmış yapı düzeyindeki üst düzey öğrenme çıktılarının sınıf düzeylerine daha dengeli ve kademeli olarak dağıldığı belirlenmiştir. Buna karşılık, 2018 Matematik Öğretim Programı'nda bilişsel düzey dağılımlarının bazı sınıf seviyelerinde daha düzensiz ve parçalı bir görünüm sergilediği görülmüştür. Sonuç olarak, her iki programın da öğrencilerin bilişsel gelişimini desteklemeyi amaçladığı; ancak bilişsel düzeylerin yapısal dağılımı ve üst düzey düşünme becerilerine verdiği ağırlık bakımından belirgin farklılıklar içerdiği belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarının, matematik öğretim programlarının bilişsel düzey açısından değerlendirilmesine ve üst düzey düşünme becerilerini destekleyen program geliştirme çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematik öğretim programı, SOLO Taksonomisi, bilişsel düzey, kazanım, Maarif Modeli

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE 2018 AND 2024 MATHEMATICS CURRICULA BASED ON THE SOLO TAXONOMY

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the cognitive levels of the learning outcomes included in the 2018 Mathematics Curriculum and the 2024 Türkiye Century Education Model Mathematics Curriculum within the framework of the SOLO Taxonomy. The study was conducted using the document analysis method within the scope of qualitative research. All mathematics learning outcomes at the 5th, 6th, 7th, and 8th grade levels in both curricula were examined in comprehensive detail. The obtained data were classified according to the SOLO Taxonomy levels: pre-structural, uni-structural, multi-structural, relational, and extended abstract. During the analytical process, the cognitive

requirements and targeted skills of each learning outcome were meticulously considered. To ensure inter-coder reliability, expert opinions were obtained, and the distributions of the outcomes across grade levels were comparatively evaluated.

The findings revealed that the learning outcomes in both curricula were predominantly concentrated at the uni-structural, multi-structural, and relational levels. However, the 2024 Türkiye Century Education Model Mathematics Curriculum demonstrated a more balanced, spiral, and gradual distribution of higher-order relational and extended abstract learning outcomes across grade levels. In contrast, the cognitive level distributions in the 2018 Mathematics Curriculum appeared to be more irregular and fragmented at certain grade levels. Consequently, it was concluded that both curricula aim to support students' cognitive development; however, they differ significantly in terms of the structural distribution of cognitive levels and the emphasis placed on higher-order thinking skills. The results of the study are expected to contribute to the evaluation of mathematics curricula in terms of cognitive levels and to future curriculum development studies that support higher-order thinking skills.

Keywords: Mathematics curriculum, SOLO Taxonomy, cognitive level, learning outcomes, Türkiye Century Education Model

GİRİŞ

Eğitim sistemleri, bireylerin bilgi, beceri ve değer kazanımlarını yönlendiren temel yapılardan biridir. Bu sistemlerin amaçlarına ulaşabilmesinde öğretim programları önemli bir rol üstlenmektedir. Öğretim programları, bireylere kazandırılması hedeflenen bilgi, beceri, tutum ve değerlerin planlı bir biçimde düzenlenmesini sağlayan eğitim araçlarıdır. Programlar yalnızca öğretilecek içeriği belirlemekle kalmamakta, aynı zamanda öğrencilerden beklenen bilişsel süreçleri ve öğrenme düzeylerini de şekillendirmektedir. Bu nedenle öğretim programlarının incelenmesi, eğitim sistemlerinin niteliğinin değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir.

Matematik eğitimi, bireylerin problem çözme, akıl yürütme, ilişki kurma ve karar verme becerilerinin geliştirilmesinde temel disiplinlerden biri olarak kabul edilmektedir. Günümüzde matematik öğretiminden beklenen yalnızca işlemsel bilgi kazandırmak değil; öğrencilerin matematiksel düşünme, muhakeme etme ve bilgiyi farklı durumlara transfer edebilme becerilerini geliştirmektir. Bu doğrultuda matematik öğretim programlarının içerdiği kazanım ve öğrenme çıktılarının bilişsel düzeylerinin incelenmesi önem taşımaktadır. Çünkü öğretim programlarında yer alan hedefler, öğrencilerden beklenen düşünme süreçlerini doğrudan yansıtmaktadır.

Öğretim programları eğitim sistemlerinde meydana gelen toplumsal, teknolojik ve bilimsel gelişmelere bağlı olarak sürekli güncellenmektedir. Program geliştirme alanında öne çıkan yaklaşımlar, öğretim hedeflerinin yalnızca içerik açısından değil, öğrencilerden beklenen düşünme düzeyleri bakımından da değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Tyler (1949), Taba (1962) ve Bruner (1960) tarafından geliştirilen program geliştirme yaklaşımlarında, öğrencilerin bilişsel gelişimlerinin dikkate alınmasının öğretim programlarının temel unsurlarından biri olduğu belirtilmektedir. Öğretim programlarının etkili olabilmesi için öğrenme hedeflerinin öğrencilerin gelişim özelliklerine uygun biçimde yapılandırılması gerektiği ifade edilmektedir (Tutkun, 2012).

Türkiye'de matematik öğretim programları son yıllarda önemli değişim süreçlerinden geçmiştir. Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı, öğrencilerin matematiksel okuryazarlık, problem çözme ve ilişkilendirme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan bir yapı sunmuştur (MEB, 2018). Daha sonra geliştirilen Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı ise beceri temelli öğrenme anlayışını merkeze alarak öğrenme çıktıları, beceri örgüsü ve süreç temelli öğrenme yaklaşımı üzerine yapılandırılmıştır (MEB, 2024). Bu değişim, yalnızca programın terminolojisinde değil; öğrencilerden beklenen bilişsel süreçlerin yapılandırılma biçiminde de farklılaşmalar ortaya çıkarmıştır.

Öğretim programlarının bilişsel yapısının incelenmesinde farklı sınıflama sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerden biri olan SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) Taksonomisi, Biggs ve Collis (1982) tarafından geliştirilmiştir. SOLO Taksonomisi, öğrenme çıktılarının niceliğinden çok

niteliğine odaklanmakta ve öğrenmenin yüzeysel düzeyden derin öğrenmeye doğru ilerleyişini açıklamaktadır. Taksonomi; yapı öncesi, tek yönlü yapı, çok yönlü yapı, ilişkisel yapı ve soyutlanmış yapı olmak üzere beş düzeyden oluşmaktadır. Özellikle öğrenme çıktılarının bilişsel karmaşıklığını ortaya koyabilmesi nedeniyle öğretim programlarının analizinde işlevsel bir çerçeve sunmaktadır (Doğan, 2020).

SOLO Taksonomisi, öğrencilerin yalnızca ne öğrendiğini değil, öğrendikleri bilgileri nasıl yapılandırdıklarını ve farklı durumlarda nasıl kullandıklarını değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle Bloom Taksonomisinden farklı olarak öğrenme ürünlerinin niteliğine odaklanmakta ve bilişsel gelişimin daha bütüncül biçimde incelenmesini mümkün kılmaktadır (Gezer ve İlhan, 2015). Hattie ve Purdie (1998), SOLO Taksonomisinin öğrenme çıktılarının bilişsel karmaşıklığını belirlemede etkili bir araç olduğunu belirtirken, O'Neill ve Murphy (2010) öğretim programlarının değerlendirilmesinde taksonominin önemli avantajlar sağladığını ifade etmektedir.

Alan yazın incelendiğinde öğretim programlarının bilişsel düzeylerini inceleyen çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Ancak Türkiye'de 2018 Matematik Öğretim Programı ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Öğretim Programı'nın ortaokul düzeyindeki kazanım ve öğrenme çıktılarını SOLO Taksonomisi çerçevesinde karşılaştırmalı olarak ele alan çalışmaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle yeni programın beceri temelli yapısının bilişsel düzeylere nasıl yansıdığının belirlenmesi, program geliştirme ve matematik eğitimi açısından önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın amacı, 2018 Matematik Öğretim Programı ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Öğretim Programı'nda yer alan 5., 6., 7. ve 8. sınıf matematik kazanım ve öğrenme çıktılarını SOLO Taksonomisi çerçevesinde incelemek ve programların bilişsel düzeyler açısından nasıl bir dağılım sergilediğini ortaya koymaktır. Araştırmanın, öğretim programlarının bilişsel yapısının değerlendirilmesine katkı sağlaması, program geliştirme çalışmalarına veri sunması ve matematik eğitimi alanındaki literatüre katkıda bulunması beklenmektedir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Matematik Dersi Öğretim Programları

Öğretim programları, eğitim sürecinde bireylere kazandırılması hedeflenen bilgi, beceri, tutum ve değerlerin sistematik biçimde düzenlenmesini sağlayan temel araçlardır. Varış (1998) öğretim programını bireyin okul içi ve okul dışındaki planlı öğrenme yaşantılarının bütünü olarak tanımlarken, Özçelik (2010) programı öğrencilerde geliştirilmesi hedeflenen özellikleri kazandırmaya yönelik etkinlikler bütünü olarak ifade etmektedir. Demirel (2017) ise öğretim programını, eğitim hedeflerine ulaşmak amacıyla düzenlenen öğrenme yaşantılarının planlı bir bütünü olarak açıklamaktadır.

Günümüzde öğretim programlarının yalnızca bilgi aktarımına odaklanması yeterli görülmemektedir. Programların öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, muhakeme etme ve bilgiyi farklı durumlara transfer edebilme becerilerini geliştirecek biçimde yapılandırılması beklenmektedir. Bu nedenle programlarda yer alan kazanım ve öğrenme çıktılarının bilişsel özelliklerinin incelenmesi önem taşımaktadır.

Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı, öğrencilerin matematiksel okuryazarlık, problem çözme ve ilişkilendirme becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (MEB, 2018). 2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı ise beceri temelli öğrenme anlayışını merkeze almakta ve öğrenme çıktıları üzerinden yapılandırılmaktadır (MEB, 2024). Programda kavramsal öğrenme, matematiksel muhakeme, ilişkilendirme ve transfer becerilerine özel vurgu yapılmaktadır.

Bu yönüyle her iki program da öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlamakla birlikte, öğrenme çıktılarının yapılandırılması ve bilişsel beklentilerin dağılımı açısından farklı özellikler göstermektedir.

SOLO Taksonomisi

Öğretim programlarının bilişsel yapısının incelenmesinde kullanılan önemli kuramsal çerçevelerden biri SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) Taksonomisidir. SOLO Taksonomisi, Biggs ve Collis (1982) tarafından geliştirilmiş olup öğrenme çıktılarının bilişsel karmaşıklık düzeylerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

SOLO Taksonomisi, öğrencilerin yalnızca ne öğrendiğine değil, öğrendikleri bilgileri nasıl yapılandırdığına odaklanmaktadır. Taksonomi, öğrenmenin yüzeysel düzeyden derin öğrenmeye doğru ilerleyen yapısını açıklamaya çalışmaktadır (Doğan, 2020).

Bloom Taksonomisinde bilişsel süreçler hiyerarşik basamaklar şeklinde ele alınırken, SOLO Taksonomisinde öğrenme ürünlerinin niteliği ve karmaşıklığı ön plana çıkmaktadır. Bu yönüyle SOLO Taksonomisi, öğrenmenin kalitesini ve öğrencinin bilgiyi organize etme biçimini ortaya koyabilmektedir (Gezer ve İlhan, 2015).

Hattie ve Purdie (1998), SOLO Taksonomisinin öğrencilerin öğrenme düzeylerini belirlemede etkili bir araç olduğunu belirtirken, O'Neill ve Murphy (2010) öğretim programlarının değerlendirilmesinde güçlü bir analiz çerçevesi sunduğunu ifade etmektedir.

Bu araştırmada SOLO Taksonomisinin tercih edilmesinin temel nedeni, matematik öğretim programlarında yer alan kazanım ve öğrenme çıktılarının yalnızca içerik bakımından değil, öğrencilerden beklenen bilişsel süreçlerin karmaşıklığı açısından da değerlendirilmesine olanak sağlamasıdır.

SOLO Taksonomisinin Düzeyleri

SOLO Taksonomisi beş temel düzeyden oluşmaktadır: yapı öncesi, tek yönlü yapı, çok yönlü yapı, ilişkisel yapı ve soyutlanmış yapı (Biggs ve Collis, 1982).

Yapı öncesi düzey, öğrencinin konuya ilişkin anlamlı bir öğrenme gerçekleştiremediği ve bilgi parçaları arasında bağlantı kuramadığı düzeyi ifade etmektedir.

Tek yönlü yapı düzeyinde, öğrenci konuya ilişkin tek bir bilgi boyutuna odaklanmakta ve sınırlı düzeyde işlem yapabilmektedir.

Çok yönlü yapı düzeyinde, birden fazla bilgi ya da işlem basamağı kullanılmakta; ancak bu bilgiler arasında bütüncül ilişkiler kurulamamaktadır.

İlişkisel yapı düzeyinde, öğrenci farklı bilgi ve kavramlar arasında ilişki kurabilmekte, bilgileri bütüncül biçimde organize edebilmekte ve anlamlandırabilmektedir.

Soyutlanmış yapı düzeyinde ise öğrenci mevcut bilgileri genelleyebilmekte, farklı durumlara aktarabilmekte ve yeni yapılar oluşturabilmektedir. Bu düzey, taksonominin en üst bilişsel düzeyini temsil etmektedir (Doğan, 2020).

Matematik eğitimi açısından değerlendirildiğinde, ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeyleri öğrencilerin matematiksel muhakeme, problem çözme, genelleme ve transfer becerilerinin gelişimi açısından önemli görülmektedir. Bu nedenle öğretim programlarında yer alan kazanım ve öğrenme çıktılarının hangi SOLO düzeylerinde yoğunlaştığının belirlenmesi, programların bilişsel yapısının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Aşağıda her bir solo düzeyine ait iki programdan örnek kazanıma yer verilmiştir.

Tablo 1. Solo Taksonomisi Düzeylerine Göre Örnek Kazanımlar

Düzey	Tanım	Örnek Kazanım(2024)	Örnek Kazanım(2018)
Yapı öncesi	Konuyu bilmemek, anlamamak.	Bu düzeyde kazanım bulunmamıştır.	Bu düzeyde kazanım bulunmamıştır.
Tek Yönlü yapı	Tanıma, belirtme, konunun bir yönü verilir.	MAT.5.3.3 – Açıları ölçmek için matematiksel araç ve teknolojiden yararlanabilme.	M.5.1.6.1 . Paydası 100 olan kesirleri % sembolüyle gösterir.
Çok Yönlü yapı	Konuya ait birden fazla bilgi verilir.	MAT.7.1.1. Gerçek yaşam veya matematiksel durumlarda doğal sayı, tam sayı ve rasyonel sayıları yorumlayabilme.	M.5.1.1.2 . En çok dokuz basamaklı doğal sayıların bölüklerini, basamaklarını ve basamak değerlerini belirtir.
İlişkisel yapı	Bilgiler arasında ilişkiler kurma, problem çözebilme.	MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme	M.8.1.2.3.Sayıların ondalık gösterimlerini 10'un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümler.
Soyutlanmış yapı	Öğrenilen bilgileri yeni duruma aktarma, genelleme.	MAT.7.4.7. Dikdörtgenin, paralelkenarın alanına ve çemberin uzunluğuna ilişkin deneyimlerini dairenin alan bağıntısına yansıtabilme.	MAT.8.4.3 Dairenin alan bağıntısından yola çıkarak silindirin hacim bağıntısına yönelik analojik akıl yürütebilme

Kaynak: MEB (2018); MEB (2024)

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında yürütülmüş olup doküman incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Nitel araştırmalar, incelenen olgu veya durumun derinlemesine anlaşılmasını amaçlayan ve araştırmacıya olayları çok yönlü olarak ele alma imkânı sunan araştırmalardır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2018). Doküman incelemesi ise araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin sistematik olarak analiz edilmesini ifade etmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

Araştırmanın veri kaynağını Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan kazanım ve öğrenme çıktıları oluşturduğundan, araştırmada doküman incelemesi yöntemi tercih edilmiştir. Bu doğrultuda öğretim programlarında yer alan kazanım ve öğrenme çıktıları SOLO Taksonomisi çerçevesinde incelenmiş ve programların bilişsel düzeyleri karşılaştırılmıştır.

Veri Kaynakları

Araştırmanın veri kaynaklarını Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan iki matematik öğretim programı oluşturmaktadır. Bu kapsamda 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan toplam 215 kazanım ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan 100 öğrenme çıktısı incelenmiştir. Araştırma, ortaokul düzeyindeki 5., 6., 7. ve 8. sınıf kazanım ve öğrenme çıktılarıyla sınırlandırılmıştır.

2018 programında "kazanım", 2024 programında ise "öğrenme çıktısı" kavramı kullanılmaktadır. Her iki yapı farklı terminolojilerle ifade edilmekle birlikte, öğretim süreci sonunda öğrencilerden beklenen bilgi, beceri ve bilişsel performans göstergelerini tanımlamaları bakımından benzer işlev taşımaktadır. Bu nedenle araştırmada karşılaştırma birimi olarak öğrencilerden beklenen bilişsel davranışları temsil eden ifadeler esas alınmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırmada veriler betimsel analiz yöntemiyle incelenmiştir. Betimsel analiz, verilerin önceden belirlenen temalar doğrultusunda düzenlenmesi, sınıflandırılması ve yorumlanmasını amaçlayan bir analiz yöntemidir (Ültay, Akyurt ve Ültay, 2021). Bu kapsamda 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan 215 kazanım ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan 100 öğrenme çıktısı SOLO Taksonomisi çerçevesinde analiz edilmiştir.

Analiz sürecinde kazanım ve öğrenme çıktıları SOLO Taksonomisinin tek yönlü yapı, çok yönlü yapı, ilişkisel yapı ve soyutlanmış yapı düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. Yapı öncesi düzey, öğrenmenin gerçekleşmediği veya anlamlı bir bilişsel yapının oluşmadığı durumları ifade ettiğinden, öğretim programlarında yer alan kazanım ve öğrenme çıktılarında bu düzeye rastlanmamıştır.

Sınıflandırma sürecinde yalnızca gösterge fiiller dikkate alınmamış; aynı zamanda kazanım ve öğrenme çıktılarının bağlamsal anlamı, öğrenciden beklenen zihinsel işlem, bilgi örgütlenme yapısı ve bilişsel karmaşıklık düzeyi de değerlendirilmiştir. Gösterge fiiller başlangıç noktası olarak kullanılmış, nihai sınıflandırma ise kazanım ve öğrenme çıktılarının bilişsel örgütlenme yapısı temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde SOLO Taksonomisine ilişkin gösterge fiillerden yararlanılmıştır (Biggs, 2003; Burnett, 1999).

Araştırmada incelenen kazanım ve öğrenme çıktılarının sınıf düzeylerine göre dağılımı Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Sınıf Düzeyine Göre Kazanım ve Öğrenme Çıktısı Sayıları

Sınıf Düzeyi	2018 Kazanım Sayısı	2024 Öğrenme Çıktısı Sayısı
5. Sınıf	56	23
6. Sınıf	59	24
7. Sınıf	48	30
8. Sınıf	52	23
Toplam	215	100

BULGULAR

2018 Matematik Öğretim Programı Kazanımlarının SOLO Taksonomisine Göre Dağılımı

Tablo 3.2018 Matematik Öğretim Programı (5-8. Sınıflar) Kazanımlarının SOLO Sınıflandırma Düzeylerine Göre Dağılımı

Sınıf Düzeyi	Tek Yönlü Yapı		Çok Yönlü Yapı		İlişkisel Yapı		Soyutlanmış Yapı		Toplam
	f	%	f	%	f	%	f	%	f
5. Sınıf	7	12,5	12	21,4	27	48,2	10	17,9	56
6. Sınıf	3	5,1	17	28,8	30	50,8	9	15,3	59
7. Sınıf	0	0,0	15	31,3	19	39,6	14	29,2	48
8. Sınıf	15	28,8	17	32,7	19	36,5	1	1,9	52
Toplam	25	11,6	61	28,4	95	44,2	34	15,8	215

2018 Matematik Öğretim Programı'nda yer alan toplam 215 kazanımın SOLO Taksonomisine göre dağılımı Tablo 3'de incelendiğinde, kazanımların büyük ölçüde ilişkisel yapı (%44,2) düzeyinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu düzeyi çok yönlü yapı (%28,4), soyutlanmış yapı (%15,8) ve tek yönlü yapı (%11,6) izlemektedir. Elde edilen bulgular, programın öğrencilerden yalnızca işlemsel beceriler değil, aynı zamanda kavramlar arasında ilişki kurma ve problem çözme becerileri beklediğini göstermektedir. Bununla birlikte bilişsel düzeylerin sınıf seviyeleri arasında düzenli bir ilerleme göstermediği dikkat çekmektedir. Özellikle 7. sınıfta artış gösteren soyutlanmış yapı düzeyi, 8. sınıfta önemli ölçüde azalmaktadır. Buna karşılık tek yönlü yapı düzeyi 8. sınıfta yeniden yükselmektedir. Bu durum programda bilişsel sürekliliğin tam olarak sağlanamadığını göstermektedir.

2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Öğretim Programı Öğrenme Çıktılarının SOLO Taksonomisine Göre Dağılımı

Tablo 4. 2024 Matematik Öğretim Programı (5-8. sınıflar) Öğrenme Çıktılarının SOLO Sınıflandırma Düzeylerine Göre Dağılımı

Sınıf Düzeyi	Tek Yönlü Yapı		Çok Yönlü Yapı		İlişkisel Yapı		Soyutlanmış Yapı		Toplam
	f	%	f	%	f	%	f	%	f
5. Sınıf	6	26,1	9	39,1	8	34,8	0	0,0	23
6. Sınıf	1	4,2	7	29,2	12	50,0	4	16,7	24
7. Sınıf	3	10,0	11	36,7	11	36,7	5	16,7	30
8. Sınıf	0	0,0	3	13,0	14	60,9	6	26,1	23
Toplam	10	10,0	30	30,0	45	45,0	15	15,0	100

2024 Matematik Öğretim Programı'nda yer alan 100 öğrenme çıktısının SOLO Taksonomisine göre dağılımı Tablo 4'te incelendiğinde, öğrenme çıktılarının büyük ölçüde ilişkisel yapı (%45) düzeyinde yoğunlaştığı görülmektedir. İlişkisel yapı düzeyini çok yönlü yapı (%30), soyutlanmış yapı (%15) ve tek yönlü yapı (%10) izlemektedir. Programda tek yönlü yapı düzeyinin sınıf seviyesi arttıkça azaldığı, ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeylerinin ise özellikle üst sınıflarda arttığı görülmektedir. Bu durum programın öğrencilerin bilişsel gelişimini kademeli biçimde yapılandırmayı hedeflediğini göstermektedir. Özellikle 8. sınıf düzeyinde ilişkisel yapı (%60,9) ve soyutlanmış yapı (%26,1) düzeylerinin belirginleşmesi, programın üst düzey düşünme becerilerine verdiği önemi ortaya koymaktadır.

Programların Karşılaştırılması

Bu bölümde, MEB (2018) Matematik Dersi Öğretim Programında yer alan 5., 6., 7. ve 8. sınıf matematik kazanımları ile Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (2024) Matematik Öğretim Programı'nda yer alan aynı sınıf düzeyindeki öğrenme çıktılarının SOLO Taksonomisi açısından dağılımları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, iki programın bilişsel düzeylere verdiği ağırlıklar ve sınıf düzeylerine göre değişim eğilimleri değerlendirilmiştir.

Her iki programda da yapı öncesi düzeyde kazanım bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, her iki programın da öğrenme çıktılarında belirli bir bilişsel ve kavramsal altyapıyı temel aldığına işaret etmektedir.

Tek yönlü yapı düzeyi açısından incelendiğinde, 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı'nda bu düzeydeki kazanımların özellikle 5. ve 8. sınıf düzeylerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşılık Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde tek yönlü yapı düzeyindeki kazanımların sınıf düzeyi arttıkça azaldığı ve 8. sınıf düzeyinde yer almadığı belirlenmiştir. Bu durum, Maarif Modeli'nde

öğrenme çıktılarının alt düzey bilişsel süreçlerden üst düzey bilişsel süreçlere eğiliminin olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Tek Yönlü Yapı Düzeyinin Programlara ve Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Sınıf	Maarif Modeli	2018 Programı
5. Sınıf	6 (%26,1)	7 (%12,5)
6. Sınıf	1 (%4,2)	3 (%5,1)
7. Sınıf	3 (%10)	0 (%0)
8. Sınıf	0 (%0)	15 (%28,8)

Çok yönlü yapı düzeyi açısından değerlendirildiğinde, 2018 programında bu düzeydeki kazanımların tüm sınıf düzeylerinde yüksek oranlarda yer aldığı görülmektedir. Maarif Modeli'nde ise çok yönlü yapı düzeyinin özellikle üst sınıf düzeylerinde azaldığı ve yerini daha üst düzey bilişsel yapılar olan ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeylerine bıraktığı dikkat çekmektedir. Bu bulgu, Maarif Modeli'nde üst sınıf düzeylerine doğru ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeyindeki öğrenme çıktılarının daha görünür hale geldiğini göstermektedir.

Tablo 6. Çok Yönlü Yapı Düzeyinin Programlara ve Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Sınıf	Maarif Modeli	2018 Programı
5. Sınıf	9 (%39,1)	12 (%21,4)
6. Sınıf	7 (%29,2)	17 (%28,8)
7. Sınıf	11 (%36,7)	15 (%31,3)
8. Sınıf	3 (%13)	17 (%32,7)

İlişkisel yapı düzeyi her iki programda da belirgin bir ağırlığa sahiptir. Ancak 2018 programında bu düzeyin bazı sınıf düzeylerinde daha yoğunlaştığı, buna karşılık Maarif Modeli'nde ilişkisel yapıdaki öğrenme çıktılarının özellikle üst sınıf düzeylerinde daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu bulgu, Maarif Modeli'nin öğrencilerin kavramlar arası ilişki kurma becerilerini süreç içerisinde sistemli biçimde geliştirmeyi hedeflediğini ortaya koymaktadır.

Tablo 7 .İlişkisel Yapı Düzeyinin Programlara ve Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Sınıf	Maarif Modeli	2018 Programı
5. Sınıf	8 (%34,8)	27 (%48,2)
6. Sınıf	12 (%50)	30 (%50,8)
7. Sınıf	11 (%36,7)	19 (%39,6)
8. Sınıf	14 (%60,9)	19 (%36,5)

Soyutlanmış yapı düzeyi açısından yapılan karşılaştırmada ise iki program arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. 2018 programında soyutlanmış yapı düzeyindeki kazanımların özellikle 7. sınıf düzeyinde yoğunlaştığı, ancak 8. sınıf düzeyinde oldukça sınırlı kaldığı belirlenmiştir. Buna karşılık Maarif Modeli'nde soyutlanmış yapı düzeyinin sınıf düzeyi arttıkça kademeli olarak yükseldiği ve 8. sınıf düzeyinde daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu bulgu, Maarif Modeli'nde genelleme, transfer etme ve üst düzey akıl yürütme süreçlerini içeren öğrenme çıktılarının üst sınıf düzeylerinde daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.

Tablo 8. Soyutlanmış Yapı Düzeyinin Programlara ve Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Sınıf	Maarif Modeli	2018 Programı
5. Sınıf	0 (%0)	10 (%17,9)
6. Sınıf	4 (%16,7)	9 (%15,3)
7. Sınıf	5 (%16,7)	14 (%29,2)
8. Sınıf	6 (%26,1)	1 (%1,9)

Tablo 9. 2018 ve 2024 Matematik Öğretim Programlarının SOLO Taksonomisi Düzeylerine Göre Genel Dağılımlarının Karşılaştırılması

SOLO Düzeyi	2018 f	2018 %	2024 f	2024 %
Tek Yönlü	25	11,6	10	10,0
Çok Yönlü	61	28,4	30	30,0
İlişkisel	95	44,2	45	45,0
Soyutlanmış	34	15,8	15	15,0
Toplam	215	100	100	100

Tablo 9'a göre her iki öğretim programında da kazanımların büyük bölümünün üst düzey bilişsel süreçlere odaklandığı görülmektedir. Özellikle en yüksek oranların hem 2018 programında (%44,2) hem de 2024 programında (%45) ilişkisel yapı düzeyinde toplanması, programların öğrencilerin bilgileri ilişkilendirme, problem çözme ve anlamlandırma becerilerini geliştirmeyi hedeflediğini göstermektedir.

Çok yönlü yapı düzeyi her iki programda da ikinci sırada yer almaktadır. 2018 programında %28,4, 2024 programında ise %30 oranında bulunması; öğrencilerden birden fazla bilgi ya da işlem basamağını kullanmalarının beklendiğini ortaya koymaktadır.

Soyutlanmış yapı düzeyindeki kazanımların oranı iki programda da birbirine oldukça yakındır (2018: %15,8 – 2024: %15). Bu durum, üst düzey düşünme, genelleme ve yeni durumlara aktarım gerektiren kazanımların her iki programda da benzer düzeyde yer aldığı anlaşılmaktadır.

Tek yönlü yapı düzeyindeki kazanımların oranı ise her iki programda da en düşük düzeydedir. 2024 programında bu oranın %10'a düşmesi, temel bilgi ve tek boyutlu işlemlere dayalı kazanımların azaltıldığı belirlenmiştir.

Maarif Modeline genel olarak baktığımızda özellikle 8. sınıf düzeyinde iki program arasında belirgin farklılıklar dikkat çekmektedir. Maarif Modeli'nde bu sınıf düzeyinde ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeylerinin ön plana çıktığı; buna karşılık 2018 programında tek yönlü ve çok yönlü yapı düzeylerinin baskın olduğu görülmektedir. Bu bulgu, Maarif Modeli'nde genelleme, transfer etme ve üst düzey akıl yürütme süreçlerini içeren öğrenme çıktılarının üst sınıf düzeylerinde daha belirgin hâle geldiğini göstermektedir.

TARTIŞMA

Bu araştırmada, 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan 5., 6., 7. ve 8. sınıf matematik kazanım ve öğrenme çıktıları SOLO Taksonomisi çerçevesinde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, her iki programın da öğrencilerin bilişsel gelişimini desteklemeyi amaçladığını, ancak bilişsel düzeylerin sınıf seviyelerine dağılımı ve sürekliliği açısından farklılıklar içerdiğini göstermektedir.

Araştırma sonuçlarına göre her iki programda da en yüksek oran ilişkisel yapı düzeyinde görülmektedir. Bu durum, programların öğrencilerden yalnızca işlemsel bilgi kullanmalarını değil, aynı zamanda matematiksel kavramlar arasında ilişki kurmalarını, bilgiyi anlamlandırmalarını ve problem çözme süreçlerinde kullanmalarını beklediğini göstermektedir. Elde edilen bu sonuç, güncel matematik

öğretimi yaklaşımlarında öne çıkan anlamlı öğrenme ve matematiksel muhakeme anlayışıyla uyumludur.

Bununla birlikte, programlar arasında bilişsel düzeylerin sınıf seviyelerine dağılımı açısından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Araştırma bulguları, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde bilişsel düzeylerin sınıf seviyesi arttıkça daha kademeli bir biçimde yükseldiğini göstermektedir. Özellikle tek yönlü yapı düzeyindeki öğrenme çıktılarının üst sınıflarda azalması; ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeylerindeki öğrenme çıktılarının ise artış göstermesi, programın öğrencileri üst düzey düşünme becerilerine sistematik biçimde yönlendirdiğini düşündürmektedir. Bu sonuç, 2024 programının beceri temelli yapısının ilişkilendirme, transfer ve matematiksel muhakeme süreçlerini desteklediğini ortaya koyan çalışmalarla örtüşmektedir (Özcan ve Masal, 2025; Cihan ve Doruk, 2024).

2018 Matematik Dersi Öğretim Programı'nda ise bilişsel düzeylerin sınıf seviyeleri arasında aynı ölçüde düzenli bir ilerleme göstermediği belirlenmiştir. Özellikle 7. sınıfta artış gösteren soyutlanmış yapı düzeyinin 8. sınıfta önemli ölçüde azalması ve tek yönlü yapı düzeyinin yeniden yükselmesi, programda bilişsel sürekliliğin tam olarak sağlanamadığını göstermektedir. Bu durum, öğretim programlarında bilişsel düzeylerin sınıf seviyelerine dengeli biçimde dağıtılması gerektiğini vurgulayan araştırmalarla benzerlik göstermektedir (Kuzu, Çil ve Şimşek, 2019; Doğan, 2020).

Programların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi sonucunda, 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin öğrencilerin bilişsel gelişimini daha kademeli ve sistematik biçimde yapılandırdığı söylenebilir. Özellikle üst sınıf seviyelerinde ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeylerinin artış göstermesi, öğrencilerin matematiksel ilişkileri anlamlandırma, genelleme yapma ve bilgiyi farklı durumlara transfer etme becerilerine daha fazla vurgu yapıldığını göstermektedir. Buna karşılık 2018 programında belirli sınıf seviyelerinde işlemsel süreçleri öne çıkaran kazanımların yeniden yoğunlaşması, bilişsel ilerlemenin sürekliliğini sınırlandırabilmektedir.

Sonuç olarak araştırma bulguları, iki program arasındaki temel farkın yalnızca kazanım sayısı veya içerik düzenlemesinden değil, öğrenciler için tasarlanan bilişsel ilerleme örüntüsünden kaynaklandığını göstermektedir. Bu durum, öğretim programlarının değerlendirilmesinde yalnızca içerik ve kazanım sayılarının değil, öğrencilerden beklenen bilişsel süreçlerin ve bu süreçlerin sınıf seviyelerine dağılımının da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç

Bu araştırmada, 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı ile 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan 5., 6., 7. ve 8. sınıf matematik kazanım ve öğrenme çıktıları SOLO Taksonomisi çerçevesinde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Araştırma sonuçları, her iki programda da kazanım ve öğrenme çıktılarının büyük ölçüde ilişkisel yapı düzeyinde yoğunlaştığını göstermiştir. Bu durum, her iki programın da öğrencilerin matematiksel kavramlar arasında ilişki kurmalarını, problem çözmelerini ve bilgiyi anlamlandırmalarını desteklemeyi amaçladığını ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte programlar arasında bilişsel düzeylerin sınıf seviyelerine dağılımı açısından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde bilişsel düzeylerin sınıf seviyesi arttıkça daha kademeli ve tutarlı bir biçimde yükseldiği görülmüştür. Özellikle üst sınıf düzeylerinde ilişkisel ve soyutlanmış yapı düzeylerindeki öğrenme çıktılarının artış göstermesi, öğrencilerin matematiksel muhakeme, genelleme ve transfer becerilerini geliştirmeye yönelik bir yaklaşımın benimsendiğini göstermektedir.

2018 Matematik Dersi Öğretim Programı'nda ise bilişsel düzeylerin sınıf seviyeleri arasında aynı ölçüde düzenli bir ilerleme göstermediği belirlenmiştir. Özellikle 8. sınıf düzeyinde tek yönlü yapı düzeyindeki kazanımların yeniden artması ve soyutlanmış yapı düzeyindeki kazanımların azalması, bilişsel gelişimin sürekliliği açısından farklılaşan bir görünüm ortaya koymaktadır.

Araştırmanın bir diğer önemli sonucu, her iki programda da yapı öncesi düzeyde herhangi bir kazanım veya öğrenme çıktısına rastlanmamış olmasıdır. Bu durum, öğretim programlarında yer alan kazanım ve öğrenme çıktılarının öğrencilerden en azından belirli düzeyde anlamlı bilişsel süreçler gerçekleştirmelerini beklediğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin bilişsel düzeylerin sınıf seviyelerine dağılımı açısından daha kademeli ve sistematik bir yapı sunduğu, 2018 Matematik Dersi Öğretim Programı'nın ise bilişsel süreklilik bakımından daha değişken bir görünüm sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, öğretim programlarının yalnızca içerik bakımından değil, öğrencilerden beklenen bilişsel süreçler açısından da değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Öneriler

Araştırma bulgularına dayalı olarak aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

Program Geliştiricilere Yönelik Öneriler

- Öğretim programları hazırlanırken kazanım ve öğrenme çıktılarının bilişsel düzey dağılımlarının sınıf seviyeleri arasında kademeli bir ilerleme gösterecek biçimde planlanması önerilmektedir.
- Özellikle üst sınıf düzeylerinde ilişkilendirme, transfer ve genelleme becerilerini destekleyen soyutlanmış yapı düzeyindeki kazanım ve öğrenme çıktılarına daha fazla yer verilmesi önerilmektedir.
- Program geliştirme çalışmalarında SOLO Taksonomisi gibi bilişsel analiz çerçevelerinden yararlanılması önerilmektedir.

Öğretmenlere Yönelik Öneriler

- Öğretim sürecinde yalnızca işlemsel becerilere değil, matematiksel muhakeme, ilişkilendirme ve genelleme becerilerini geliştiren etkinliklere de yer verilmelidir.
- Ders planları hazırlanırken kazanımların bilişsel düzeyleri dikkate alınmalı ve farklı düzeylerde düşünmeyi destekleyen öğrenme yaşantıları tasarlanmalıdır.

Araştırmacılara Yönelik Öneriler

- Benzer çalışmalar farklı dersler ve farklı eğitim kademelerinde gerçekleştirilebilir.
- Öğretim programlarının yanı sıra ders kitapları, çalışma kitapları ve merkezi sınav soruları da SOLO Taksonomisi açısından incelenebilir.
- Öğretmen ve öğrenci görüşlerini içeren karma yöntemli çalışmalarla programların uygulamadaki yansımaları araştırılabilir.

Eğitim Politikalarına Yönelik Öneriler

- Öğretim programlarında hedeflenen bilişsel düzeylerle ölçme ve değerlendirme uygulamaları arasında daha güçlü bir uyum sağlanmalıdır.
- Merkezi sınavlarda ilişkilendirme, transfer ve üst düzey düşünme becerilerini ölçen soru türlerine daha fazla yer verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Biggs, J. B. (2003). Teaching for quality learning at university. Open University Press.

Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome). Academic Press.

Bruner, J. S. (1960). The process of education. Harvard University Press.

Burnett, P. (1999). Assessing the structure of learning outcomes from counselling using the SOLO taxonomy: An exploratory study. British Journal of Guidance and Counselling, 27(4), 567–580. https://doi.org/10.1080/03069889908256291

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2018). Bilimsel araştırma yöntemleri (24. Baskı). Pegem Akademi.

Cihan, F., & Doruk, M. (2024). 2024 ortaöğretim matematik dersi öğretim programının SOLO taksonomisi ve bilişsel istem düzeylerine göre değerlendirilmesi. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 10(3), 144–157. https://doi.org/10.29065/usakead.1511690

Çetin, B., & İlhan, M. (2016). SOLO taksonomisi. İçinde E. Bingölbali, S. Arslan & İ. Ö. Zembat (Ed.), Matematik eğitiminde teoriler (ss. 861–879). Pegem Akademi.

Demirel, Ö. (2017). Kuramdan uygulamaya eğitimde program geliştirme. Pegem Akademi.

Doğan, A. (2020). İlkokul matematik öğretim programındaki kazanımların SOLO sınıflandırmasına göre incelenmesi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 9(3), 2305–2325. https://doi.org/10.15869/itobiad.768583

Ersoy, Y. (1997). Okullarda matematik eğitimi: Matematikte okur-yazarlık. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 13, 115–120.

Gezer, M., & İlhan, M. (2015). Sosyal bilgiler dersi öğretim programı kazanımları ile ders kitabı değerlendirme sorularının SOLO taksonomisine göre incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 29, 1–25.

Hattie, J. A. C., & Purdie, N. (1998). The SOLO model: Addressing fundamental measurement issues. In B. C. Dart & G. M. Boulton-Lewis (Eds.), Teaching and learning in higher education (pp. 145–176). Australian Council of Educational Research.

Köse, O. (2018). Üst düzey uzamsal yeteneğe sahip matematik öğretmen adaylarının düşünme yapılarına göre SOLO taksonomisi düzeylerinin belirlenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.

Kuzu, O., Çil, O., & Şimşek, A. S. (2019). Investigation of 2018 mathematics curriculum objectives according to the revised Bloom taxonomy. Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21(3), 129–147. https://doi.org/10.17556/erziefd.482751

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). Matematik dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 1–8. sınıflar). MEB Yayınları.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). Matematik dersi öğretim programı (Ortaokul 5–8. sınıflar). MEB Yayınları.

O'Neill, G., & Murphy, F. (2010). Guide to taxonomies of learning. University College Dublin.

Özcan, N., & Masal, E. (2025). 2024 ortaokul matematik dersi öğretim programı öğrenme çıktılarının SOLO taksonomi düzeyleri ve süreç standartlarına göre değerlendirilmesi. Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27(4), 648–664.

Özçelik, D. A. (2010). Okullarda ölçme ve değerlendirme. Pegem Akademi.

Taba, H. (1962). Curriculum development: Theory and practice. Harcourt Brace & World.

Tutkun, Ö. F. (2012). Bloom'un yenilenmiş taksonomisi üzerine genel bir bakış. Sakarya University Journal of Education, 2(1), 14–22.

Tyler, R. W. (1949). Basic principles of curriculum and instruction. University of Chicago Press.

Ültay, E., Akyurt, H., & Ültay, N. (2021). Sosyal bilimlerde betimsel içerik analizi. IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, 10, 188–201.

Varış, F. (1998). Temel kavramlar ve program geliştirmeye sistematik yaklaşım. İçinde A. Hakan (Ed.), Eğitim bilimlerinde yenilikler (ss. 3–19). Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2018). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (7. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN YAPAY ZEKÂ ALGI, TUTUM VE KULLANIMLARININ İNCELENMESİ

Mücahit ÇEVİK

Gaziantep Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Gaziantep, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet Fatih ÖZMANTAR

Gaziantep Üniversitesi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Gaziantep, Türkiye

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, ortaokul ve lise kademelerinde görev yapan matematik öğretmenlerinin yapay zekâ teknolojilerine yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerini incelemektir. Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu ortaokul ve lise kademelerinde görev yapan 200 matematik öğretmeni oluşturmaktadır. Veriler Google Form aracılığıyla çevrim içi olarak toplanmıştır. Araştırmada öğretmenlerin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerini belirlemeye yönelik ölçekler kullanılmıştır. Verilerin analizinde betimsel istatistikler, bağımsız örneklemler t-testi, tek yönlü varyans analizi (ANOVA), Pearson korelasyon analizi ve çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik tutum düzeylerinin yüksek, algı ve kullanım düzeylerinin ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin cinsiyet ve görev yapılan kademe değişkenlerine göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Buna karşılık teknoloji kullanım düzeyine göre anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca yaş ve mesleki kıdem arttıkça yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleri arasında yüksek düzeyde pozitif ilişkiler olduğu; yapay zekâ algı ve tutumunun yapay zekâ kullanım düzeyini anlamlı biçimde yordadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda öğretmenlerin yapay zekâ okuryazarlıklarının geliştirilmesine yönelik uygulamalı eğitimlerin artırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, matematik öğretmenleri, yapay zekâ algısı, yapay zekâ tutumu, yapay zekâ kullanımı

INVESTIGATION OF MATHEMATICS TEACHERS' PERCEPTIONS, ATTITUDES, AND USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the perceptions, attitudes, and levels of artificial intelligence (AI) use among mathematics teachers working at secondary and high school levels. The study employed a correlational survey design, a quantitative research approach. The sample consisted of 200 mathematics teachers working in secondary and high schools. The data were collected online through Google Forms. Scales measuring teachers' AI perception, attitude, and usage levels were administered. Descriptive statistics, independent samples t-test, one-way analysis of variance (ANOVA), Pearson correlation analysis, and multiple linear regression analysis were used in data analysis. The findings revealed that mathematics teachers had high levels of attitudes toward artificial intelligence, while their perception and usage levels were at a moderate level. It was determined that perception, attitude, and usage levels did not differ significantly according to gender and school level variables. However, significant differences were found according to level of technology use. In addition, as age and years of teaching experience increased, teachers' AI perception, attitude, and usage levels decreased. The study also found

strong positive relationships among AI perception, attitude, and usage levels. Furthermore, AI perception and attitude significantly predicted teachers' AI usage. Based on the findings, it is recommended to increase practical training programs aimed at improving teachers' AI literacy.

Keywords: Artificial intelligence, mathematics teachers, AI perception, AI attitude, AI use

GİRİŞ

Yapay zekâ teknolojileri son yıllarda eğitim sistemlerinin dönüşümünde etkili olan temel dijital araçlardan biri hâline gelmiştir. Öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesi, öğrenci performansının izlenmesi, ölçme-değerlendirme süreçlerinin otomatikleştirilmesi ve öğretim materyallerinin daha kısa sürede hazırlanabilmesi gibi olanaklar, yapay zekânın eğitim alanındaki önemini artırmaktadır. Eğitimde yapay zekâ uygulamaları yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda öğretim süreçlerinin yeniden yapılandırılmasını gerektiren pedagojik bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmektedir (Holmes vd., 2023; İşler & Kılıç, 2021; Ouyang & Jiao, 2021).

Yapay zekânın eğitimdeki potansiyeli, özellikle öğretmenlerin mesleki rollerini yeniden düşünmeyi gerekli kılmaktadır. Yapay zekâ destekli araçlar öğretmenlerin yerini alacak sistemler olarak değil, öğretmenlerin öğretim tasarımı, ölçme-değerlendirme, öğrenci takibi ve geri bildirim süreçlerini destekleyen yardımcı teknolojiler olarak ele alınmalıdır. Bu bağlamda öğretmen, yapay zekânın sunduğu çıktıları pedagojik amaçlara göre değerlendiren, yönlendiren ve öğrencinin öğrenme sürecini anlamlandıran temel aktör konumundadır (Celik vd., 2022; Göçen & Aydemir, 2020; Pedro vd., 2019).

Matematik eğitimi, yapay zekâ teknolojileri ile güçlü bir ilişkiye sahiptir. Matematiğin algoritmik düşünme, modelleme, problem çözme ve soyutlama gibi temel bileşenleri yapay zekâ sistemlerinin mantığıyla doğrudan örtüşmektedir. Bu nedenle yapay zekâ destekli uygulamalar matematik öğretiminde soru üretme, problem çözüm basamaklarını açıklama, öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarına göre dönüt verme ve soyut kavramları görselleştirme gibi işlevlerle kullanılabilmektedir (Gadanidis, 2017; Nayıroğlu & Tutak, 2024; Wardat vd., 2023).

Matematik öğretiminde kullanılan GeoGebra, Photomath, akıllı öğretim sistemleri ve üretken yapay zekâ araçları, öğrencilerin matematiksel kavramları farklı temsil biçimleriyle görmelerine ve problem çözme süreçlerinde destek almalarına imkân tanımaktadır. Bununla birlikte, yapay zekâ araçlarının doğrudan çözüm sunması öğrencilerin bilişsel çaba göstermeden sonuca ulaşmasına yol açabileceği için öğretmen rehberliğinin önemi devam etmektedir. Bu nedenle yapay zekâ teknolojilerinin matematik eğitimindeki rolü, yalnızca teknoloji kullanım becerisiyle değil, pedagojik karar verme yeterliğiyle birlikte ele alınmalıdır (Eker & Halıcı Gürbüz, 2024; Mutlu, 2025; Seyrek vd., 2024).

Öğretmenlerin yapay zekâya ilişkin algı ve tutumları, bu teknolojilerin eğitim ortamlarına entegrasyonunda belirleyici değişkenler arasındadır. Teknoloji Kabul Modeli'ne göre bireylerin bir teknolojiyi kullanma niyetleri, o teknolojiye ilişkin algılanan fayda ve algılanan kullanım kolaylığı ile yakından ilişkilidir (Davis, 1989). Benzer biçimde Planlı Davranış Kuramı, bireylerin davranışlarının tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrol değişkenlerinden etkilendiğini öne sürmektedir (Ajzen, 1991). Bu kuramsal çerçeveler, öğretmenlerin yapay zekâ kullanım davranışlarının yalnızca teknik erişimle değil, aynı zamanda bilişsel ve duyuşsal yönelimlerle de ilişkili olduğunu göstermektedir.

Öğretmenlerin yapay zekâya yönelik olumlu algıları, bu teknolojilerin ders hazırlama, içerik üretme, öğrenme analitiği, ölçme-değerlendirme ve bireyselleştirilmiş öğretim gibi alanlarda faydalı görülmesiyle ilişkilidir. Buna karşılık veri güvenliği, etik sorunlar, algoritmik yanlılık, öğrencilerin hazır bilgiye yönelmesi ve öğretmenlik mesleğinin geleceğine ilişkin kaygılar öğretmenlerin yapay zekâya karşı daha temkinli yaklaşmasına neden olabilmektedir (Alaybeyoğlu vd., 2024; Erdoğdu & Çakır, 2024; Meylani, 2024).

Alanyazında yapay zekâya yönelik öğretmen görüşlerini, öğretmen adaylarının tutumlarını ve yapay zekâ okuryazarlığını inceleyen çalışmaların sayısı artmakla birlikte, doğrudan matematik öğretmenlerine odaklanan ampirik çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Oysa matematik

öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerinin birlikte incelenmesi, hem matematik eğitimi bağlamındaki gereksinimlerin anlaşılması hem de öğretmen eğitimlerinin planlanması açısından önem taşımaktadır (Alsharidah & Alkramiti, 2024; Eker & Halıcı Gürbüz, 2024; Tashtoush vd., 2024).

Bu çalışma, matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerini birlikte ele alması, bu değişkenleri demografik ve mesleki değişkenler bağlamında incelemesi ve algı ile tutumun yapay zekâ kullanımını yordama gücünü test etmesi bakımından önemlidir. Araştırma bulgularının, öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerini bilinçli, etik ve pedagojik açıdan işlevsel biçimde kullanmalarına yönelik hizmet içi eğitim programlarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, ortaokul ve lise kademelerinde görev yapan matematik öğretmenlerinin yapay zekâ teknolojilerine yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda öğretmenlerin yapay zekâya yönelik bilişsel ve duyuşsal yaklaşımlarının, bu teknolojileri öğretim süreçlerine aktarma düzeyleriyle nasıl ilişkili olduğu araştırılmıştır.

Araştırmada şu sorulara yanıt aranmıştır: Matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeyleri nedir? Bu düzeyler cinsiyet, görev yapılan kademe ve teknoloji kullanım düzeyine göre anlamlı biçimde farklılaşmakta mıdır? Yaş ve mesleki kıdem ile yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleri arasında anlamlı ilişki var mıdır? Yapay zekâ algısı ve tutumu, yapay zekâ kullanım düzeyini anlamlı biçimde yordamakta mıdır?

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Yapay zekâ, insan zekâsına özgü öğrenme, problem çözme, akıl yürütme ve karar verme gibi bilişsel süreçlerin bilgisayar sistemleri aracılığıyla modellenmesini ifade eden disiplinler arası bir çalışma alanıdır (Russell & Norvig, 2021). Yapay zekâ sistemleri büyük veri kümelerini analiz edebilme, örüntüleri tanıma, tahmin üretme ve yeni durumlara uyum sağlama özellikleri nedeniyle farklı alanlarda kullanılmaktadır. Eğitim alanında ise yapay zekâ, öğretme ve öğrenme süreçlerini destekleyen veri temelli bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir (Pedro vd., 2019; UNESCO, 2023).

Eğitimde yapay zekâ uygulamaları, öğrencilerin öğrenme süreçlerini izleme, bireysel öğrenme ihtiyaçlarını belirleme ve öğretmenlere karar desteği sunma bakımından önemli fırsatlar sağlamaktadır. Akıllı öğretim sistemleri ve uyarlanabilir öğrenme platformları, öğrencilerin öğrenme hızlarına ve performans düzeylerine göre içerik sunabilmektedir. Bu durum öğrencilerin öğrenme sürecine daha aktif katılmalarına ve eksik öğrenmelerin daha erken belirlenmesine katkı sağlayabilmektedir (Alkhatlan & Kalita, 2018; Khosravi vd., 2023).

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimdeki bir diğer kullanım alanı ölçme-değerlendirme süreçleridir. Otomatik değerlendirme araçları, öğrencilerin yanıtlarını analiz ederek hızlı geri bildirim sağlayabilmekte ve öğretmenlerin değerlendirme yükünü azaltabilmektedir. Bununla birlikte bu tür sistemlerin doğruluğu, şeffaflığı ve adaletli kullanımı öğretmen kontrolünü gerektirmektedir. Bu nedenle yapay zekâ destekli değerlendirme süreçlerinin öğretmenin pedagojik uzmanlığıyla birlikte yürütülmesi önemlidir (Alaybeyoğlu vd., 2024; Dişlioğlu vd., 2025; Nazaretsky vd., 2022).

Üretken yapay zekâ araçları, öğretmenlerin ders planı, ölçme aracı, etkinlik, çalışma kâğıdı ve açıklayıcı metin hazırlama süreçlerinde yeni imkânlar sunmaktadır. ChatGPT benzeri araçlar, öğretmenlere kısa sürede farklı düzeylerde içerik oluşturma olanağı sağlayabilmektedir. Ancak bu araçların ürettiği içeriklerin her zaman doğru, pedagojik olarak uygun veya bağlama duyarlı olmayabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle öğretmenlerin yapay zekâ çıktılarının doğruluğunu denetleyebilecek yapay zekâ okuryazarlığına sahip olmaları gerekmektedir (Bozkurt, 2023; Kehoe, 2023; Meylani, 2024).

Matematik eğitimi açısından yapay zekânın önemi, matematiksel düşünme ve algoritmik süreçler arasındaki yakın ilişkiden kaynaklanmaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler, öğrencilerin problem

çözme basamaklarını izlemelerine, farklı çözüm yollarını karşılaştırmalarına ve kavramsal anlamalarını geliştirmelerine destek olabilir. Bununla birlikte, özellikle doğrudan cevap veren uygulamaların öğrencilerin muhakeme sürecini zayıflatma riski bulunmaktadır. Bu nedenle matematik öğretmenlerinin yapay zekâyı çözüm yerine düşünmeyi destekleyen bir araç olarak kullanmaları gerekmektedir (Gadanidis, 2017; Nayıroğlu & Tutak, 2024; Seyrek vd., 2024).

Öğretmenlerin yapay zekâya yönelik tutumlarını açıklamada teknoloji kabul yaklaşımları önemli bir kuramsal temel sunmaktadır. Davis'in (1989) Teknoloji Kabul Modeli, algılanan fayda ve algılanan kullanım kolaylığının teknoloji kullanım niyetini etkilediğini ortaya koymaktadır. Venkatesh vd. (2003) tarafından geliştirilen teknoloji kabul ve kullanım modelleri de performans beklentisi, çaba beklentisi ve kolaylaştırıcı koşullar gibi değişkenlerin teknoloji kullanım davranışı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede öğretmenlerin yapay zekâya yönelik olumlu algı ve tutumlarının, kullanım davranışını güçlendirmesi beklenmektedir.

Öğretmenlerin yapay zekâ kullanımını etkileyen önemli değişkenlerden biri dijital yeterliktir. Dijital yeterliği yüksek öğretmenlerin yeni teknolojileri denemeye daha açık oldukları, yapay zekâ araçlarının kullanım kolaylığını daha yüksek algıladıkları ve bu araçları ders süreçlerine daha kolay entegre ettikleri belirtilmektedir (Çayak, 2024; Domínguez vd., 2024; Kong vd., 2024). Bu nedenle teknoloji kullanım düzeyi, öğretmenlerin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım davranışları açısından kritik bir değişken olarak ele alınmalıdır.

Yaş ve mesleki kıdem değişkenleri de öğretmenlerin yapay zekâya yaklaşımını etkileyebilen faktörler arasındadır. Bazı araştırmalar genç öğretmenlerin yeni teknolojilere daha açık olduklarını ve yapay zekâ araçlarını daha kolay benimsediklerini göstermektedir (Domínguez vd., 2024; Mart & Kaya, 2024). Bununla birlikte literatürde farklı sonuçlar da bulunmaktadır. Bu nedenle yaş ve kıdem değişkenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleriyle ilişkisinin ampirik olarak incelenmesi önemlidir.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırmada, matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerini belirlemek amacıyla nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. İlişkisel tarama modeli, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlayan araştırma modellerinden biridir.

Çalışma Grubu

Araştırmanın örneklemini Türkiye'nin farklı illerinde görev yapan toplam 200 matematik öğretmeni oluşturmaktadır. Örneklem belirlenirken kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Araştırmaya katılan öğretmenlerin 100'ü ortaokul matematik öğretmeni, 100'ü ise lise matematik öğretmenidir. Katılımcıların cinsiyet, yaş ve mesleki kıdem değişkenlerine ilişkin betimsel bilgiler bulgular bölümünde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Veri Toplama Süreci

Araştırma verileri çevrim içi veri toplama aracı olan Google Form aracılığıyla toplanmıştır. Hazırlanan veri toplama formu matematik öğretmenlerine okul ziyaretleri, öğretmen arkadaşlar ve matematik öğretmenlerine ait WhatsApp grupları aracılığıyla ulaştırılmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcılara araştırmanın amacı hakkında bilgi verilmiş ve araştırmaya gönüllülük esasına göre katılım sağlanmıştır. Anket formunun doldurulma süresi ortalama 6–7 dakika sürmüştür.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerini belirlemek amacıyla üç farklı ölçek kullanılmıştır.

Matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı düzeylerini belirlemek amacıyla Teachers' Perception Scale Regarding Artificial Intelligence Use in Education kullanılmıştır. Üzüm, Elçiçek ve Pesen (2024) tarafından geliştirilen ölçek toplam 15 maddeden oluşmaktadır.

Matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik tutum düzeylerini belirlemek amacıyla Yapay Zekâ Algı ve Tutum Ölçeği (YAZAT-24) kullanılmıştır. Dinler (2025) tarafından geliştirilen ölçek toplam 24 maddeden oluşmaktadır.

Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ kullanım düzeylerini belirlemek amacıyla Yapay Zekâ Kullanım Deneyimi Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek, Guo ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş ve Balıkçı ile Yıldız Durak (2025) tarafından Türkçeye uyarlanmıştır. Ölçek toplam 11 maddeden oluşmaktadır.

Bu araştırmada ölçeklerin Cronbach Alpha güvenirlik katsayıları oldukça yüksek bulunmuştur.

Tablo 1
Ölçeklerin Cronbach Alpha değerleri

Değişken	Madde sayısı	Cronbach Alpha
Algı	15	,938
Tutum	24	,933
Kullanım	11	,954

Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen verilerin analizi SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle veri setine ilişkin frekans, yüzde, aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak betimsel istatistikler elde edilmiştir. Ölçek puanlarının normal dağılıma uygunluğu normallik testleri aracılığıyla incelenmiştir. Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin cinsiyet ve görev yapılan kademe değişkenlerine göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır. Öğretmenlerin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin teknoloji kullanma düzeyi değişkenine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. ANOVA sonucunda anlamlı farklılık tespit edilen durumlarda gruplar arasındaki farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla post hoc analizlerinden yararlanılmıştır. Araştırmada ayrıca matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı ve tutum düzeylerinin yapay zekâ kullanım düzeyini yordama gücünü belirlemek amacıyla ise çoklu doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi .05 olarak kabul edilmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zekâ Algı, Tutum ve Kullanım Düzeyleri

Araştırmanın ilk aşamasında matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerine ilişkin betimsel istatistikler hesaplanmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere öğretmenlerin yapay zekâ algı puan ortalaması 3,47, tutum puan ortalaması 3,64 ve kullanım puan ortalaması 3,25 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, öğretmenlerin yapay zekâya ilişkin tutumlarının yüksek; algı ve kullanım düzeylerinin ise orta düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 2
Matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerine ilişkin betimsel istatistikler

Değişken	N	Minimum	Maksimum	X̄	SS	Skewness	Kurtosis
Algı	200	1.00	5.00	3.47	0.90	-0.281	0.023
Tutum	200	1.13	5.00	3.64	0.76	-0.498	0.099
Kullanım	200	1.00	5.00	3.25	1.10	-0.466	-0.268

Not. X̄ = Ortalama, SS = Standart sapma.

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmenlerin yapay zekâya yönelik en yüksek ortalamaya tutum değişkeninde sahip oldukları görülmektedir. Bu durum öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerini genel olarak olumlu değerlendirdiklerini göstermektedir. Ancak kullanım ortalamasının tutum ortalamasından daha düşük olması, öğretmenlerin yapay zekâyı faydalı ve önemli görmelerine rağmen bu teknolojileri öğretim süreçlerinde aynı düzeyde aktif kullanmadıklarını ortaya koymaktadır.

Cinsiyet Değişkenine İlişkin Bulgular

Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin cinsiyete göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır. Tablo 3'te yer alan sonuçlar, erkek öğretmenlerin algı, tutum ve kullanım ortalamalarının kadın öğretmenlere göre daha yüksek görünmesine rağmen bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

Tablo 3

Matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

Değişken	Cinsiyet	N	X̄	SS	t	p
Algı	Erkek	75	3.59	0.97	1.44	0.154
	Kadın	125	3.40	0.85		
Tutum	Erkek	75	3.68	0.78	0.53	0.599
	Kadın	125	3.62	0.75		
Kullanım	Erkek	75	3.33	1.16	0.88	0.382
	Kadın	125	3.19	1.07		

Not. p > .05 olduğundan cinsiyete göre anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Bu bulgu, cinsiyetin matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik yaklaşımlarında tek başına belirleyici bir değişken olmadığını göstermektedir.

Görev Yapılan Kademe Değişkenine İlişkin Bulgular

Öğretmenlerin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin görev yapılan kademeye göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır. Tablo 4'te ortaokul ve lise matematik öğretmenlerinin ortalamaları sunulmuştur.

Tablo 4
Matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeylerinin çalıştıkları kademeye göre karşılaştırılması

Değişken	Kademe	N	X̄	SS	t	p
Algı	Ortaokul	100	3.44	0.86	-0.53	0.599
	Lise	100	3.50	0.94		
Tutum	Ortaokul	100	3.68	0.71	0.66	0.510
	Lise	100	3.60	0.80		
Kullanım	Ortaokul	100	3.20	1.08	-0.56	0.579
	Lise	100	3.29	1.13		

Tablo 4'e göre ortaokul ve lise öğretmenleri arasında yapay zekâ algısı, tutumu ve kullanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Teknoloji Kullanım Düzeyine İlişkin Bulgular

Öğretmenlerin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin teknoloji kullanım düzeyine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Betimsel sonuçlar, teknoloji kullanım düzeyi yükseldikçe yapay zekâ algı, tutum ve kullanım ortalamalarının düzenli biçimde arttığını göstermektedir.

Tablo 5
Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin teknoloji kullanma düzeyine göre betimsel istatistikleri

Değişken	Teknoloji Düzeyi	N	X̄	SS
Algı	Düşük	26	2.19	0.68
	Orta	118	3.47	0.65
	Yüksek	56	4.06	0.84
Tutum	Düşük	26	2.50	0.50
	Orta	118	3.66	0.59
	Yüksek	56	4.12	0.59
Kullanım	Düşük	26	1.37	0.72
	Orta	118	3.28	0.71
	Yüksek	56	4.04	0.87

Tablo 6
Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin teknoloji kullanma düzeyine göre ANOVA sonuçları

Değişken	F	p	Post-hoc çoklu karşılaştırma sonucu(a)
Algı	61.63	< .001	Düşük g. < orta g. < yüksek g.
Tutum	69.26	< .001	Düşük g. < orta g. < yüksek g.
Kullanım	109.49	< .001	Düşük g. < orta g. < yüksek g.

(a)Games-Howell e Tukey testi sonucuna göre

Not. Tüm değişkenlerde teknoloji kullanım düzeyine göre anlamlı farklılık vardır.

Tablo 5 ve Tablo 6 birlikte değerlendirildiğinde, teknoloji kullanım düzeyi yüksek olan öğretmenlerin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım puanlarının en yüksek olduğu görülmektedir. Post-hoc sonuçları düşük, orta ve yüksek teknoloji kullanım gruplarının tümünde anlamlı farklılık bulunduğunu

göstermektedir. Bu bulgu, yapay zekâ kullanımının genel dijital yeterlikle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Mesleki Kıdem ve Yaş Değişkenlerine İlişkin Bulgular

Araştırmada mesleki kıdem ve yaş değişkenlerinin yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleriyle ilişkisi Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Tablo 7'de mesleki kıdem ile yapay zekâ değişkenleri arasındaki korelasyonlar, Tablo 8'da ise yaş ile yapay zekâ değişkenleri arasındaki korelasyonlar sunulmuştur.

Tablo 7
Öğretmenlik Kıdemi ile Yapay Zekâ Algı, Tutum ve Kullanım Düzeyleri Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

Değişkenler	1	2	3	4
1. Öğretmenlik Kıdemi	—			
2. Algı (algi_ort)	r = -.505**	—		
3. Tutum (tutum_ort)	r = -.544**	r = .812**	—	
4. Kullanım (kullanim_ort)	r = -.616**	r = .749**	r = .796**	—

Not. N = 200. r = Pearson korelasyon katsayısıdır. **p < .01.

Tablo 8
Yaş ile Yapay Zekâ Algı, Tutum ve Kullanım Düzeyleri Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

Değişkenler	1	2	3	4
1. Yaş	—			
2. Algı (algi_ort)	r = -.480**	—		
3. Tutum (tutum_ort)	r = -.532**	r = .812**	—	
4. Kullanım (kullanim_ort)	r = -.602**	r = .749**	r = .796**	—

Not. N = 200. r = Pearson korelasyon katsayısıdır. **p < .01.

Tablo 7 ve Tablo 8 incelendiğinde, hem mesleki kıdem hem de yaş değişkenleri ile yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleri arasında negatif yönlü ve anlamlı ilişkiler bulunduğu görülmektedir. Mesleki kıdem ile kullanım arasındaki ilişkinin r = -.616, yaş ile kullanım arasındaki ilişkinin ise r = -.602 düzeyinde olması, öğretmenlerin yaş ve deneyim düzeyi arttıkça yapay zekâ kullanım eğilimlerinin azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Yapay Zekâ Algı, Tutum ve Kullanım Düzeyleri Arasındaki İlişkiler

Araştırmada yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleri arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Tablo 9'da görüldüğü üzere algı ile tutum arasında r = .812, algı ile kullanım arasında r = .749 ve tutum ile kullanım arasında r = .796 düzeyinde pozitif yönlü, yüksek ve anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

Tablo 9
Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zekâ Algı, Tutum ve Kullanım Düzeyleri Arasındaki İlişkilere Ait Pearson Korelasyon Analizi Sonuçları

Değişkenler	1	2	3
1. Algı (algi_ort)	—	.812**	.749**
2. Tutum (tutum_ort)	.812**	—	.796**
3. Kullanım (kullanim_ort)	.749**	.796**	—

Not. N = 200. p < .01 düzeyinde anlamlıdır.

Bu sonuç, öğretmenlerin yapay zekâyı olumlu algıladıkça bu teknolojiye yönelik tutumlarının da olumlu yönde geliştiğini ve kullanım davranışlarının güçlendiğini göstermektedir. Özellikle tutum ile kullanım arasındaki yüksek korelasyon, yapay zekâ kullanımının yalnızca teknik yeterliklerle değil, öğretmenlerin bu teknolojiye ilişkin duyuşsal yönelimleriyle de yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapay Zekâ Kullanımını Yordayan Değişkenler

Araştırmanın son aşamasında yapay zekâ algısı ve tutumunun yapay zekâ kullanım düzeyini yordayıp yordamadığını belirlemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10
Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zekâ Algı ve Tutumlarının Yapay Zekâ Kullanım Düzeyini Yordamasına İlişkin Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları

Değişkenler	B	SH	β	t	p	Tolerance	VIF
Sabit	-0.960	0.223	—	-4.295	.000	—	—
Algı (algi_ort)	0.368	0.086	0.301	4.259	.000	0.340	2.942
Tutum (tutum_ort)	0.804	0.103	0.552	7.801	.000	0.340	2.942

Not. Bağımlı değişken: Kullanım, R^2 = .665, Düzeltilmiş R^2 = .662, $F(2, 197) = 195.605$, $p < .001$.

Regresyon analizi sonuçlarına göre kurulan model istatistiksel olarak anlamlıdır. Yapay zekâ algısı ve tutumu birlikte, yapay zekâ kullanım düzeyindeki toplam varyansın %66,5'ini açıklamaktadır. Beta katsayıları incelendiğinde tutum değişkeninin (β = .552) kullanım düzeyini yordamada algı değişkeninden (β = .301) daha güçlü bir belirleyici olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilen ilk temel bulgu, matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik tutum düzeylerinin yüksek, algı ve kullanım düzeylerinin ise orta düzeyde olmasıdır. Bu bulgu, öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerini eğitim açısından potansiyel olarak yararlı gördüklerini ancak bu teknolojileri uygulama düzeyinde aynı yoğunlukta kullanmadıklarını göstermektedir. Literatürde öğretmenlerin yapay zekâyı ders planlama, içerik üretme, soru hazırlama ve bireyselleştirilmiş geri bildirim sağlama açısından yararlı gördükleri ifade edilmektedir (Akın vd., 2025; Eker & Halıcı Gürbüz, 2024; Seyrek vd., 2024).

Kullanım düzeyinin orta düzeyde kalması, yapay zekâ teknolojilerinin öğretmenler tarafından henüz tam anlamıyla sınıf içi uygulamalara dönüştürülemediğini göstermektedir. Bu durum öğretmenlerin

yapay zekâya ilişkin olumlu tutuma sahip olmalarına rağmen yeterli deneyim, güven ve uygulama bilgisine sahip olmamalarıyla açıklanabilir. Erdoğdu ve Çakır (2024) ile Dişlioğlu vd. (2025) öğretmenlerin yapay zekâ kullanımında bilgi eksikliği, etik kaygılar ve pedagojik belirsizlikler nedeniyle temkinli davrandıklarını belirtmektedir.

Cinsiyet değişkenine göre anlamlı farklılık bulunmaması, yapay zekâ teknolojilerine erişimin ve dijital araçlarla etkileşimin günümüzde daha yaygın hâle gelmesiyle ilişkilendirilebilir. Erkek öğretmenlerin ortalamaları kadın öğretmenlerden bir miktar yüksek olsa da bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, cinsiyetin yapay zekâ algı, tutum ve kullanımını açıklamada tek başına yeterli bir değişken olmadığını göstermektedir. Literatürde de cinsiyete göre anlamlı farklılık bulunmayan çalışmalar mevcuttur (Karayiğit vd., 2025; Mutlu, 2025).

Görev yapılan kademe değişkenine göre anlamlı farklılık bulunmaması da dikkate değer bir bulgudur. Ortaokul ve lise matematik öğretmenleri farklı yaş gruplarıyla çalışsalar da yapay zekâ araçlarını benzer öğretim amaçları için kullanma potansiyeline sahiptir. Soru üretme, çözüm basamaklarını açıklama, ölçme-değerlendirme ve materyal tasarlama gibi gereksinimler her iki kademede de bulunmaktadır. Bu durum kademeler arası farklılığın istatistiksel olarak anlamlı çıkmamasını açıklayabilir.

Teknoloji kullanım düzeyine ilişkin bulgular araştırmanın en güçlü sonuçlarından biridir. Düşük, orta ve yüksek teknoloji kullanım grupları arasında tüm değişkenlerde anlamlı farklılık bulunması, yapay zekâ kullanımının genel teknoloji yeterliğiyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Teknoloji kullanım düzeyi yüksek olan öğretmenlerin yapay zekâ algı ve tutumlarının daha olumlu olması, Teknoloji Kabul Modeli'nin öngörüleriyle uyumludur (Davis, 1989). Dijital araçlarla daha fazla deneyime sahip öğretmenler, yapay zekâ teknolojilerini daha kolay anlaşılır ve daha faydalı olarak değerlendirebilmektedir.

Teknoloji kullanım düzeyi yüksek öğretmenlerin yapay zekâ kullanım puanlarının da yüksek olması, yapay zekâ entegrasyonunun öğretmenlerin genel dijital yeterliklerinden ayrı düşünülemeyeceğini göstermektedir. Galindo-Domínguez vd. (2024) öğretmenlerin dijital yeterliği ile yapay zekâya yönelik tutumları arasında güçlü ilişkiler bulunduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde Kong vd. (2024), üretken yapay zekâ araçlarını kullanma niyetinin algılanan fayda, kullanım kolaylığı ve dijital yeterlikle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Yaş ve mesleki kıdem arttıkça yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeylerinin azalması, teknoloji uyumu açısından önemli bir bulgudur. Bu sonuç, mesleğe daha yeni başlayan öğretmenlerin dijital teknolojilerle daha fazla etkileşim içinde olmaları ve yeni teknolojilere daha açık olmalarıyla açıklanabilir. Kıdemli öğretmenlerin ise geleneksel öğretim pratiklerine daha fazla güvenmeleri veya yeni teknolojileri kullanırken daha fazla destek ihtiyacı duymaları olasıdır. Ancak bu bulgu yaşlı veya kıdemli öğretmenlerin yapay zekâ kullanamayacağı şeklinde yorumlanmamalıdır; aksine bu gruplara yönelik uygulamalı ve destekleyici eğitimlerin önemini göstermektedir.

Algı, tutum ve kullanım değişkenleri arasındaki yüksek düzeyde pozitif ilişkiler, yapay zekâ kullanımının çok boyutlu bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Öğretmenlerin yapay zekâya ilişkin algıları olumlu hâle geldikçe tutumlarının da olumlu yönde geliştiği; olumlu tutumların ise kullanım davranışını desteklediği görülmektedir. Bu sonuç, yapay zekâ okuryazarlığının yalnızca teknik beceri düzeyinde değil, aynı zamanda pedagojik faydayı görme ve teknolojiye güven geliştirme düzeyinde de desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Regresyon bulguları, yapay zekâ algısı ve tutumunun kullanım düzeyini anlamlı biçimde yordadığını göstermektedir. Modelin kullanım düzeyindeki varyansın %66,5'ini açıklaması oldukça güçlü bir sonuçtur. Özellikle tutum değişkeninin kullanım düzeyini yordamada algıdan daha güçlü olması, öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerini kullanmalarında duyuşsal kabulün kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda öğretmen eğitimlerinde yalnızca teknik kullanım becerileri değil, yapay zekânın pedagojik katkılarını deneyimlemeye yönelik uygulamalar da yer almalıdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu araştırmanın bulguları öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerine yönelik olumlu bir eğilim taşıdığını ancak kullanımın artırılması için uygulamalı destek mekanizmalarına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Matematik öğretmenleri yapay zekâyı soru

üretme, çözüm açıklama, ders planlama ve bireyselleştirilmiş öğretim gibi alanlarda kullanabilecek potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyelin sınıf içi uygulamalara dönüşmesi, öğretmenlerin dijital yeterliklerinin, yapay zekâ okuryazarlıklarının ve etik farkındalıklarının geliştirilmesine bağlıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik algı, tutum ve kullanım düzeyleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda öğretmenlerin yapay zekâya yönelik tutumlarının yüksek, algı ve kullanım düzeylerinin ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerine karşı genel olarak olumlu bir bakış açısına sahip olduklarını, ancak kullanım düzeylerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Cinsiyet ve görev yapılan kademe değişkenlerine göre anlamlı farklılık bulunmaması, yapay zekâ teknolojilerinin farklı öğretmen grupları tarafından benzer biçimde algılandığını düşündürmektedir. Buna karşılık teknoloji kullanım düzeyine göre tüm değişkenlerde anlamlı farklılık bulunması, öğretmenlerin dijital yeterliklerinin yapay zekâ kullanımında belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Yaş ve mesleki kıdem değişkenleri ile yapay zekâ algı, tutum ve kullanım düzeyleri arasında negatif yönlü ilişkiler bulunmuştur. Bu sonuç, kıdemli öğretmenlerin yapay zekâ teknolojilerine uyum süreçlerinde daha fazla desteğe ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir. Öğretmen eğitimleri planlanırken farklı yaş ve kıdem gruplarının gereksinimlerinin dikkate alınması önemlidir.

Araştırmada yapay zekâ algısı, tutumu ve kullanımı arasında yüksek düzeyde pozitif ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca yapay zekâ algısı ve tutumunun kullanım düzeyini anlamlı biçimde yordadığı belirlenmiştir. Bu sonuç, öğretmenlerin yapay zekâ kullanım davranışlarının geliştirilmesi için hem bilişsel farkındalık hem de olumlu tutum geliştirmeye yönelik eğitimlerin önemli olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda matematik öğretmenlerine yönelik uygulamalı yapay zekâ eğitimleri düzenlenmelidir. Bu eğitimlerde yalnızca araç tanıtımı yapılmamalı; ders planlama, soru üretme, çözüm açıklama, öğrenciye geri bildirim verme, ölçme-değerlendirme ve etik kullanım gibi somut öğretim senaryolarına yer verilmelidir.

Öğretmenlerin yapay zekâ okuryazarlığını geliştirmeye yönelik hizmet içi eğitim programları yaygınlaştırılmalıdır. Bu programlar özellikle teknoloji kullanım düzeyi düşük ve mesleki kıdemi yüksek öğretmenleri destekleyecek biçimde kademelendirilmelidir.

Matematik öğretiminde yapay zekâ kullanımına ilişkin pedagojik rehberler hazırlanmalıdır. Bu rehberlerde öğretmenlerin yapay zekâ araçlarını nasıl kullanabilecekleri, hangi durumlarda dikkatli olmaları gerektiği, öğrencilerin akademik dürüstlüğünün nasıl korunacağı ve yapay zekâ çıktılarının nasıl denetlenebileceği açık biçimde belirtilmelidir.

Gelecek araştırmalarda farklı branşlardan öğretmenlerle karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir. Ayrıca nitel araştırma desenleri kullanılarak matematik öğretmenlerinin yapay zekâ kullanım deneyimleri, karşılaştıkları güçlükler ve pedagojik karar verme süreçleri daha derinlemesine incelenebilir.

Ayrıca farklı branş öğretmenleriyle karşılaştırmalı çalışmalar yapılması, yapay zekâ kullanımının disiplinlere göre nasıl farklılaştığını ortaya koyabilir. Matematik, fen bilimleri, Türkçe, sosyal bilgiler ve yabancı dil öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik kullanım amaçları, kaygıları ve pedagojik ihtiyaçları farklılaşabilir. Bu nedenle branşa özgü yapay zekâ entegrasyon modellerinin geliştirilmesi gelecekteki çalışmalar için önemli bir araştırma alanıdır.

İleride yapılacak deneysel çalışmalar, yapay zekâ destekli matematik öğretim etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerileri, kavramsal anlama düzeyleri, matematik kaygıları ve derse yönelik motivasyonları üzerindeki etkilerini inceleyebilir. Bu tür çalışmalar, yapay zekâ teknolojilerinin matematik eğitiminde yalnızca öğretmen algısı düzeyinde değil, öğrenme çıktıları düzeyinde de nasıl sonuçlar ürettiğini göstermesi bakımından önemlidir.

Gelecek araştırmalarda nitel yöntemler kullanılarak matematik öğretmenlerinin yapay zekâ kullanımına ilişkin deneyimleri daha ayrıntılı biçimde incelenebilir. Öğretmenlerle yapılacak görüşmeler, yapay zekâ kullanımında karşılaşılan güçlükleri, pedagojik kaygıları ve uygulama örneklerini daha derinlemesine ortaya koyabilir. Ayrıca karma yöntemli çalışmalarla nicel bulguların arkasındaki nedenler daha kapsamlı biçimde açıklanabilir.

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak çalışma, 200 matematik öğretmeninden elde edilen nicel verilerle sınırlıdır. Araştırma ilişkisel tarama modelinde yürütüldüğü için değişkenler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuş, ancak nedensel sonuçlar ileri sürülmemiştir. İkinci olarak veriler öğretmenlerin öz bildirimlerine dayanmaktadır. Bu nedenle öğretmenlerin yapay zekâ kullanım düzeyleri doğrudan sınıf içi gözlem veya dijital kullanım kayıtlarıyla doğrulanmamıştır. Üçüncü olarak çalışma, yapay zekâ kullanımını genel düzeyde ele almış; belirli bir yapay zekâ aracının sınıf içi etkisini deneysel olarak incelememiştir.

KAYNAKÇA

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179-211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Akın, T., Bulanık, S., Dalkılıç, Z., & Dalkılıç, S. (2025). Transformation in education: Teachers' perception of artificial intelligence. Uluslararası Eğitim ve Bilim Araştırmaları Dergisi, 2(2), 1-15.

Alaybeyoğlu, M., Alaybeyoğlu, S., Tekatlı, N., Tekatlı, N., & İçer, M. (2024). Eğitimde yeni bir dönem: Yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının potansiyeli. Socrates Journal of Interdisciplinary Social Studies.

Alkhatlan, A., & Kalita, J. (2018). Intelligent tutoring systems: A comprehensive historical survey with recent developments. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.09628

Alsharidah, M. A., & Alkramiti, A. M. (2024). Teachers' perceptions towards using artificial intelligence in mathematics education. Amazonia Investiga, 13(74), 223-234. https://doi.org/10.34069/AI/2024.74.02.19

Bozkurt, A. (2023). ChatGPT, üretken yapay zekâ ve algoritmik paradigma değişikliği. Alanyazın, 4(1), 63-72.

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. TechTrends, 66(4), 616-630. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y

Çayak, S. (2024). Investigating the relationship between teachers' attitudes toward artificial intelligence and their artificial intelligence literacy. Journal of Educational Technology & Online Learning, 7(4), 367-383.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319-340. https://doi.org/10.2307/249008

Dinler, H. (2025). Development of the artificial intelligence perception and attitude scale (AIPAS): Validity and reliability study. Bartın University Journal of Faculty of Education, 14(4), 1283-1304.

Dişlioğlu, T. A., Ateş, V., & Medeni, T. D. (2025). Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde kullanılması: Öğretmen değerlendirmeleri. KAYTEK Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisi, 7(2), 167-191.

Domínguez, H., Delgado, N., Campo, L., & Losada, D. (2024). Relationship between teachers' digital competence and attitudes towards artificial intelligence in education. International Journal of Educational Research, 126, 102381.

Eker, C., & Halıcı Gürbüz, S. (2024). Matematik öğretmenlerinin matematik dersinde yapay zekâ kullanımına yönelik yeterlilik algıları. Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi, 7(7), 513-528.

Erdoğdu, F., & Çakır, Ö. (2024). Öğretmen adaylarının yapay zekâ okuryazarlıklarının ve yapay zekâya ilişkin algılarının belirlenmesi. Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi, 9(2), 63-95.

Gadanidis, G. (2017). Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education. International Journal of Information and Learning Technology, 34(2), 133-139. https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0048

Galindo-Domínguez, H., Delgado, N., Campo, L., & Losada, D. (2024). Relationship between teachers' digital competence and attitudes towards artificial intelligence in education. International Journal of Educational Research, 126, 102381. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102381

Göçen, A., & Aydemir, F. (2020). Artificial intelligence in education and schools. Research on Education and Media, 12(1), 13-21. https://doi.org/10.2478/rem-2020-0003

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). Artificial intelligence in education. In Data ethics: Building trust: How digital technologies can serve humanity (pp. 621-653). Globethics Publications.

İşler, B., & Kılıç, M. (2021). Eğitimde yapay zekâ kullanımı ve gelişimi. Yeni Medya Elektronik Dergisi, 5(1), 1-11. https://doi.org/10.17932/IAU.EJNM.25480200.2021/ejnm_v5i1001

Karayiğit, M. G., Çilingir Altıner, E., & Ayanoğlu, K. (2025). Sınıf öğretmeni adaylarının yapay zekâya yönelik tutumlarının belirlenmesi. International Primary Educational Research Journal, 9(2), 289-300.

Kehoe, F. (2023). Leveraging generative AI tools for enhanced lesson planning in initial teacher education at post-primary. Irish Journal of Technology Enhanced Learning, 7(2).

Khosravi, H., Sadiq, S., & Amer-Yahia, S. (2023). Data management of AI-powered education technologies: Challenges and opportunities. Learning Letters, 1, 2.

Kong, S. C., Yang, Y. N., & Hou, C. (2024). Examining teachers' behavioural intention of using generative artificial intelligence tools for teaching and learning based on the extended technology acceptance model. Computers and Education: Artificial Intelligence, 7, 100328.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education. Pearson.

Mart, M., & Kaya, G. (2024). Okul öncesi öğretmen adaylarının yapay zekâya yönelik tutumları ve yapay zekâ okur yazarlığı arasındaki ilişkinin incelenmesi. Edutech Research, 2(1), 91-109.

Meylani, R. (2024). Artificial intelligence in the education of teachers: A qualitative synthesis of the cutting-edge research literature. Journal of Computer and Education Research, 12(24), 600-637.

Mutlu, N. Ç. (2025). Matematik öğretmen adaylarının yapay zeka okuryazarlıkları ile yapay zekaya yönelik tutumları arasındaki ilişkide demografik özelliklerin düzenleyici etkisi (Yüksek lisans tezi).

Nayıroğlu, B., & Tutak, T. (2024). Matematik öğretiminde yapay zekanın rolü: Eğitimde kullanılan araçların incelenmesi. Turkish Journal of Educational Studies, 11(1), 65-78.

Nazaretsky, T., Ariely, M., Cukurova, M., & Alexandron, G. (2022). Teachers' trust in AI-powered educational technology and a professional development program to improve it. British Journal of Educational Technology, 53(4), 914-931.

Orak Saygıner, E. (2025). İlköğretim öğretmenlerinin eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik görüşleri (Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi).

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100020. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020

Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. UNESCO.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.

Seyrek, H., Yıldız, E., Emeksiz Şahin, S., & Türkmen, A. (2024). Öğretmenlerin eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik algıları. Eğitim Araştırmaları Dergisi.

Tashtoush, M., Wardat, Y., AlAli, R., & Saleh, S. (2024). Artificial intelligence in mathematics education: Teachers' perspectives and challenges. Education and Information Technologies.

UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO Publishing.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 27(3), 425-478.

Wardat, Y., Tashtoush, M., AlAli, R., & Saleh, S. (2023). Artificial intelligence in mathematics education: Current trends and future directions. International Journal of Emerging Technologies in Learning.

6. SINIF MATEMATİK DERSİNDE SINIF İÇİ ARGÜMANTASYONUN YAPISININ İNCELENMESİ VE ÖĞRETMEN İLE ÖĞRENCİ ROLLERİNİN BELİRLENMESİ

Neslihan ÇAKAN ÖZBAYAR

Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik Eğitimi Bölümü, Bursa

Prof. Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTIN

Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı, Bursa

Rıdvan EZENTAŞ

Prof. Dr, Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8619-8334

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, 6. sınıf matematik dersinde yürütülen öğretim sürecinde ortaya çıkan sınıf içi argümantasyonun yapısını incelemek ve öğretmen ile öğrencilerin bu süreçte üstlendikleri rolleri belirlemektir. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında yürütülmüştür. Katılımcılar, Güney Marmara Bölgesi'nde bir devlet okulunda öğrenim görmekte olan ve 34 öğrenciden oluşan bir 6. sınıf şubesi ile bu sınıfın matematik öğretmenidir. Araştırmanın veri kaynağını bir matematik ders sürecine ait ses kayıtları oluşturmaktadır. Elde edilen sınıf içi söylemler, Toulmin Argümantasyon Şeması'nda (Toulmin, 1958) yer alan iddia, veri, gerekçe, destek, çürütme ve niteleyici bileşenler doğrultusunda betimsel olarak analiz edilmiştir. Ayrıca ders süresince oluşan öğretmen söylemleri, argümantasyon sürecindeki işlevleri bakımından rol temelli olarak incelenmiş; rol kodları oluşturulurken öğretmen söylemlerini inceleyen çalışmalardan yararlanılmıştır (Conner vd., 2014; Ayalon & Hershkowitz, 2018).

Elde edilen bulgular, öğrencilerin argümantasyon sürecine çoğunlukla iddia üretme ve alternatif çözüm yolları önerme yoluyla katıldıklarını göstermektedir. Buna karşılık öğrencilerin matematiksel gerekçelendirme, kavramsal destek sunma ve çözüm yollarının geçerliliğini tartışma süreçlerinde daha sınırlı kaldıkları belirlenmiştir. Araştırmanın bulgularında, öğretmenin özellikle gerekçelendirmeyi derinleştiren ve strateji yönlendirici söylemler kullanarak argümantasyon sürecinde etkin bir rol üstlendiği görülmektedir. Bunun yanında, öğrencilerin üst düzey argümantasyon bileşenlerine ilişkin söylemlerinin daha sınırlı olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında uygulanan farklılaştırma etkinliklerinin, öğrencilerin derse katılımını ve alternatif çözüm yolları geliştirmelerini desteklediği ve öğrencilerin gerekçelendirme becerilerinin geliştirilmesine yönelik öğrenme ortamlarına ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmanın, matematik derslerinde yürütülen argümantasyon süreçlerinin incelenmesine ve öğrencilerin matematiksel gerekçelendirme becerilerine ilişkin araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematik eğitimi, argümantasyon, Toulmin argümantasyon şeması, öğretmen rolleri, sınıf içi söylem.

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF IN-CLASS ARGUMENTATION AND DETERMINATION OF TEACHER AND STUDENT ROLES IN A 6TH GRADE MATHEMATICS CLASS

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the structure of in-class argumentation that emerges during the teaching process carried out in a 6th-grade mathematics course and to determine the roles assumed by the teacher and students in this process. The research was conducted within the scope of a qualitative

research approach. The participants consist of a 6th-grade class of 34 students studying at a public school in the South Marmara Region and the mathematics teacher of this class. The data source of the research is the audio recordings of a mathematics lesson. The obtained in-class discourses were analyzed descriptively in line with the claim, data, warrant, backing, rebuttal, and qualifier components in the Toulmin Argumentation Scheme (Toulmin, 1958). In addition, the teacher discourses that occurred during the lesson were examined role-based in terms of their functions in the argumentation process; studies examining teacher discourses were utilized while creating the role codes (Conner et al., 2014; Ayalon & Hershkowitz, 2018). The findings indicate that students mostly participate in the argumentation process by producing claims and proposing alternative solution methods. In contrast, it was determined that students were more limited in the processes of mathematical justification, providing conceptual support, and discussing the validity of the solution methods. In the findings of the study, it is seen that the teacher plays an active role in the argumentation process, especially by using discourses that deepen justification and guide strategy. Besides, it was observed that students' discourses regarding higher-level argumentation components were more limited. It is thought that the differentiation activities implemented within the scope of the study support students' participation in the lesson and their development of alternative solution methods, and there is a need for learning environments aimed at improving students' justification skills. In this context, the study is thought to contribute to the examination of argumentation processes carried out in mathematics classes and researches on students' mathematical justification skills.

Keywords: Mathematics education, argumentation, Toulmin argumentation scheme, teacher roles, in-class discourse**.**

GİRİŞ

Matematik eğitiminde kalıcı ve etkili bir öğrenmenin gerçekleşebilmesi için, öğrencilerin çözüm yollarını açıklamaları, gerekçelendirmeleri ve farklı çözüm stratejilerini tartışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Öğrencilerin kendi matematiksel düşüncelerini ifade edebilirken başkalarının düşüncelerini değerlendirebilmeleri ve kendi akıl yürütmelerini sorgulayabilmeleri matematik eğitiminin önemli bileşenleri arasında yer almaktadır (NCTM, 2000). Benzer şekilde Türkiye'deki matematik öğretim programlarında da öğrencilerden matematiksel fikirlerini açıklamaları, tartışmaları ve gerekçelendirmeleri beklendiği ifade edilmektedir (MEB, 2018). Bu beklenti, 2024 yılında uygulamaya konulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM)'nde de vurgulanmaktadır. TYMM, öğrenme süreçlerini öğrencinin aktif katılımına dayalı, sorgulayıcı ve etkileşimsel bir yapı içinde ele almaktadır Modelde dikkat çekici yönlerden biri olan "süreç boyutu", öğretim programının içeriğinin öğretilme yolları ile öğrencinin bilgiyi öğrenme ve kullanma biçimlerini kapsar ve öğrencilerin öğrenme profilleri ve tercihlerine göre öğretim yöntemlerinin çeşitlendirilmesini ifade eder. Sürecin farklılaştırılması, öğrencilere verilen görevlerin karmaşıklık ve soyutluk düzeyinin arttırılmasıyla gerçekleştirilebilir. Bu, öğrencilerin eleştirel ve yaratıcı düşünmelerini teşvik ederek veya öğrenme yöntemlerini çeşitlendirerek olabilir (TYMM,2024).

Öğrenme ortamında öğrencinin merkeze alındığı ve sürecin farklılaştırıldığı bu yöntemin temelleri sosyal öğrenme yaklaşımlarına dayanmaktadır. Sosyo-kültürel yaklaşımlar, öğrenmenin sosyal etkileşimler yoluyla yapılandığını vurgulamaktadır (Vygotsky, 1986). Sosyo-kültürel kurama göre bilgi, bireyler arası etkileşimler aracılığıyla inşa edilmekte ve sınıf ortamı bu sürecin temel bağlamını oluşturmaktadır (Vygotsky, 1986; Cobb, 1999). Bu bağlamda sınıf içi söylemler ve tartışmalar, öğrencilerin matematiksel düşünmelerinin ortaya konulması ve geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Yackel & Cobb, 1996; Sfard, 2001). Dolayısıyla sınıf içi söylemler, argümantasyon süreçleri ve tartışmalar, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerinin ortaya çıkarılmasında ve geliştirilmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Sınıf içi söylemlerin yapılandırılmasında öne çıkan kavramlardan biri argümantasyondur. Argümantasyon, Toulmin (1958) tarafından bir kişinin karşısındakileri kendi fikirleri hakkında ikna etmesi olarak açıklanmış ve sonrasında sağlık bilimleri, eğitim, mühendislik, sanat gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Krummheuer (1995) ise argümantasyonu matematik eğitimine uyarlayarak

bir kişinin karşısındakileri ikna etme fikrini genişletmiş ve argümantasyonu genel anlamda bir topluluğun ortaklaşa olarak ikna edilmesi şeklinde açıklamıştır. Araştırmacı, argümantasyon sürecini, bireylerin iş birliği içerisinde düşüncelerinin gerekçelerini açıkladıkları ve bu doğrultuda amaçlarını ve yorumlamalarını değiştirdikleri toplumsal bir olgu olarak tanımlamış ve bu süreçte bireylerin kendi akıl yürütmelerini paylaşırken ortaya çıkan etkileşimlerin önemine dikkat çekmiştir. Argümantasyon süreci, öğrencilerin konular arasında bağlantı kurma fırsatı bularak fikirlerini inşa edip geliştirmelerini sağlar ve aynı zamanda ortak bir anlayışın oluşmasını desteklemektedir (Wagner ve ark., 2014; Whitenack ve Yackel, 2002; Yackel, 2002).

Toulmin Argümantasyon Şeması (Toulmin, 1958); iddia, veri, gerekçe, destek, çürütme ve niteleyici bileşenleri aracılığıyla argümanların yapısal olarak incelenmesine olanak tanımakta ve matematik sınıflarındaki söylemlerin analizinde yaygın olarak kullanılmakta, argümantasyon süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Conner, 2008). İddialar (Claim), üretilen argümanla beraber doğru olduğu kabul edilen ifadelerdir. Veriler (Data) ise iddiaları destekleyen ifadeler olarak kabul edilir. Gerekçeler (Warrant), verileri dayanak sağlayan ek bilgilerden oluşur. Destek (Backing), gerekçelerin doğruluğu ve geçerliği için sorgusuz kabul edilen gerçeklerdir. Çürütme (Rebuttal), gerekçelerin geçerli olmadığı durumları açıklamak için kullanılan ifadelerdir ve son olarak niteleyici (Qualifier) bileşen ise iddianın kesinlik derecesini açıklayan ifadeler olarak ele alınmaktadır (Tekin-Dede, 2018). Matematik sınıflarında yürütülen tartışmalarda öğrencilerin çoğunlukla iddia üretme düzeyinde kaldıkları, ancak bu iddiaları matematiksel gerekçelerle temellendirme veya kavramsal destek sunma süreçlerinde zorlandıkları bilinmektedir (Atasoy ve Yiğitcan Nayir, 2021; Erduran vd., 2006; Krummheuer, 2007). Alan yazındaki bu yaygın durumun, öğrencilerin sonuç odaklı düşünme alışkanlıklarından ve üst düzey argüman bileşenlerini yapılandırma noktasındaki uygulama eksikliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sınıf içi argümantasyon süreçlerinin niteliği, öğretmenin bu süreci yapılandırma biçimiyle doğrudan ilişkilidir. Öğretmenler, argümantasyona direkt katkı sunarak veya soru sorma, yönlendirme ve geri bildirim verme yoluyla öğrencilerin düşünme becerilerini desteklemektedir. Conner ve arkadaşları (2014), yaptıkları çalışmalarda öğretmenlerin argümantasyon sürecindeki rollerini incelemişler ve bu süreçte hem öğretmenlerin argümanın hangi kısımlarına katkı sağladığını ele almışlar hem de öğrenciler tarafından ifade edilen argümanları nasıl desteklediklerine odaklanmışlardır. Ayalon ve Hershkowitz (2018), argümantasyon sürecindeki öğretmen rollerini; öğrencileri dinlemek, onları iddialar ve gerekçelendirmeler oluşturma ve farklı argümanları eleştirel biçimde ele alma konusunda cesaretlendirmek, öğrencilerin iddialarını esas alarak argümantasyonu açıklamak ve unutulan veya örtük olan destekleri ortaya çıkarmak olarak ifade etmişlerdir. Öğretmenin gerekçelendirmeyi derinleştiren, strateji yönlendiren veya geçersiz iddiaları eleyen söylemleri, öğrencilerin matematiksel muhakeme becerilerinin gelişiminde belirleyici bir etkendir.

Bu bağlamda, sınıf içi argümantasyonun yapısının incelenmesi ve bu süreçte öğretmen ile öğrencilerin rollerinin belirlenmesi önem taşımaktadır İlgili alan yazın incelendiğinde; matematik eğitiminde sosyal öğrenme süreçlerinin önemi, Toulmin modeliyle yapılan yapısal analizler ve öğretmen rollerinin önemi üzerine pek çok çalışma bulunduğu görülmektedir. Ancak, 2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin getirdiği "süreç farklılaştırması" nı odağa alan sınıf içi argümantasyon yapısının nasıl şekillendiğini ve öğretmenin bu yeni müfredatın uygulanma sürecinde hangi rolleri üstlendiğini inceleyen araştırmalar sınırlıdır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen bu çalışma, ortaokul 6. sınıf matematik dersinde "Eski Mısır'da Kesirler" başlıklı farklılaştırma etkinliği üzerinden yürütülen bir ders sürecini incelemektedir. Araştırma, hem sınıf içi argümantasyon hamlelerinin yapısal dağılımını Toulmin şemasıyla ortaya koymayı hem de bu süreçte öğretmenin üstlendiği söylemsel rolleri belirlemeyi amaçlamaktadır.

Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1. Sınıf içi argümantasyon hamleleri öğretmen ve öğrenci düzeyinde Toulmin Argümantasyon Şeması bileşenlerine göre nasıl bir dağılım göstermektedir?

2. Öğretmen söylemleri hangi roller kapsamında sınıflandırılmaktadır?

YÖNTEM

Araştırma Deseni

Bu çalışma, nitel bir durum çalışması olarak tasarlanmıştır. Nitel durum çalışmaları, belirli bir durumun kendi bağlamı içerisinde derinlemesine incelenmesine olanak tanıyan araştırma yaklaşımlarıdır (Creswell, 2013). Bu araştırmada ele alınan durum, 6. sınıf matematik dersinde yürütülen öğretim sürecinde ortaya çıkan sınıf içi argümantasyon sürecidir. Ayrıca bu araştırma, tek bir sınıf ortamında yürütülen öğretim sürecini odağına alması, verilerin doğal sınıf ortamında toplanması ve ele alınan durumun kendi bağlamı içerisinde bütüncül olarak incelenmesi bakımından durum çalışmasının temel özelliklerini taşımaktadır (Merriam, 1998).

Katılımcılar

Araştırmanın katılımcılarını, Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesi'nde yer alan bir devlet okulunda öğrenim görmekte olan 6. sınıf öğrencileri ve bu sınıfın matematik öğretmeni oluşturmaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü sınıf 34 öğrenciden oluşmaktadır. Katılımcılar, amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabilir durum örneklemesi yoluyla belirlenmiştir. Bu örnekleme türü, araştırmacının erişiminin kolay olduğu durumların incelenmesine olanak tanımaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2016). Bu kapsamda araştırmanın yürütüldüğü sınıf, araştırmacının dersine girdiği sınıf olması nedeniyle seçilmiştir. Araştırma sürecinde öğrencilerle sınıf içi tartışma ve gerekçelendirmeye dayalı etkinlikler gerçekleştirilmiş, ancak argümantasyon yapısına yönelik doğrudan bir öğretim yapılmamıştır.

Veri Toplama

Araştırmanın verileri, 6. sınıf matematik dersinde yürütülen öğretim süreci esnasında toplanmıştır. Veri toplama süreci, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli doğrultusunda hazırlanan 6. sınıf matematik öğretim programında yer alan "Sayılar ve Nicelikler" temasının kesirler konusuna ilişkin kazanımlar çerçevesinde yürütülmüştür.

Bu doğrultuda ders, 6. Sınıf Matematik Dersi Farklılaştırma Etkinlikleri Kitabı'nda (MEB, 2024) yer alan "Eski Mısır'da Kesirler" etkinliği üzerinden yürütülmüştür. Etkinlikte öğrencilerden bir kesri, birim kesirlerin toplamı şeklinde ifade etmeleri ve farklı çözüm stratejileri geliştirmeleri istenmiştir. Veri toplama süreci, ilgili etkinliğin uygulandığı 40 dakikalık bir ders süresi boyunca gerçekleştirilmiştir.

Veri toplama sürecinde etkinlik sırasında gerçekleşen öğretmen–öğrenci ve öğrenci–öğrenci etkileşimleri ses kayıt cihazı aracılığıyla kayıt altına alınmıştır. Kayıt sürecinde sınıf içi etkileşimlerin doğal akışının korunmasına dikkat edilmiştir. Ders sonrasında, elde edilen ses kayıtları, konuşma sırasına uygun biçimde kelimesi kelimesine yazıya dökülerek transkript edilmiştir.

Veri Analizi

Araştırmada elde edilen veriler, sınıf içi matematiksel söylemlerin yapısını ortaya koymak amacıyla Toulmin Argümantasyon Şeması temel alınarak analiz edilmiştir (Toulmin, 1958). Bu model, argümanları iddia, veri, gerekçe, destek, çürütme ve niteleyici bileşenleri üzerinden incelemeye olanak tanımaktadır.

Analiz sürecinin ilk aşamasında transkriptler birden fazla kez okunarak verinin genel yapısı incelenmiştir. Ardından söylemler, argümantatif işlevleri esas alınarak anlamlı birimlere ayrılmıştır. Bu birimler, bir iddianın ortaya konduğu, desteklendiği ya da sorgulandığı en küçük anlamlı söylem parçaları olarak tanımlanmıştır. Söylem parçaları H1, H2… şeklinde kodlanmış; öğrenci hamleleri Ö1, Ö2… ve öğretmen hamleleri T1, T2… biçiminde gösterilmiştir.

Belirlenen söylem birimleri, içerdiği baskın argümantatif işlevi dikkate alınarak Toulmin Argümantasyon Şeması'nın bileşenlerine göre kodlanmıştır. Kodlama sürecine ait bir örnek Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Argümantasyon Hamlelerinin Toulmin Bileşenlerine Göre Kodlanmasına İlişkin Örnek

	Konuşmacı	Alıntı (Özetlenmiş)	Toulmin	Açıklama
H1	Öğrenci 1	"21'de 1, 21'de 1 diye yazsak?"	C	Öneri/iddia
H2	Öğrenci 2	"Olmaz, farklı birim kesir değil."	R	İddianın reddi
H3	Öğretmen	"Neden?"	W (tetikleme)	Gerekçe isteme
H4	Öğrenci 2	"Aynı birim kesir olur."	W	Matematiksel gerekçe
H5	Öğrenci 3	"Genişletsek?"	C	Yeni strateji önerisi
H6	Öğretmen	"Evet, deneyelim."	B	Stratejiyi destekleme
H7	Öğrenciler	"2 ile genişletelim."	D	Sayısal veri
H8	Öğretmen	"42'de 10 oldu."	D	İşlem sonucu
H9	Öğrenci 2	"42 bölü 5"	C (hatalı)	Yanlış iddia
H10	Öğretmen	"42'de 5 olur mu?"	W	Kontrol

Argümantasyon sürecinin işleyişini derinlemesine incelemek amacıyla öğretmen söylemleri ayrıca rol temelli olarak kodlanmıştır. Bu kapsamda öğretmen söylemleri; argümantasyonu tetikleyen, gerekçelendirmeyi derinleştiren, strateji yönlendirici, eleyici/çürütücü ve doğrulayıcı roller doğrultusunda analiz edilmiştir. Öğretmen rollerine ilişkin kodlar oluşturulurken sınıf içi argümantasyon süreçlerinde öğretmen söylemlerini inceleyen çalışmalardan yararlanılmıştır (Conner vd., 2014; Ayalon & Hershkowitz, 2018). Bununla birlikte kodlar, araştırma verilerinde ortaya çıkan öğretmen söylemleri doğrultusunda oluşturulmuş ve araştırma bağlamına uygun biçimde düzenlenmiştir.

Tablo 2. Öğretmen Argümantasyon Rolleri

Kod	Öğretmen Rolü	Açıklama
TR1	**Argümantasyonu Tetikleyen**	Öğrenciden iddia veya gerekçe talep eden
TR2	**Gerekçelendirmeyi Derinleştiren**	"Neden?", "Nasıl?" ile gerekçe (warrant) ortaya çıkaran
TR3	**Strateji Yönlendirici**	Genişletme, sadeleştirme gibi yol öneren
TR4	**Eleyici / Çürütücü**	Geçersiz iddiayı matematiksel gerekçeyle eleyen
TR5	**Doğrulayıcı / Onaylayıcı**	Geçerli argümanı kabul eden
TR6	**Kavramsallaştırıcı/ Genelleyici**	Matematiksel ilişkiyi veya ortak özelliği vurgulayan
TR7	**Çözüm Sürecini Gözden Geçirmeye Yönlendiren**	Öğrenciyi çözüm yolunu yeniden değerlendirmeye yönlendiren

Öğretmen rollerinin belirlenmesinde öğretmen söylemlerinin argümantasyon sürecindeki işlevleri dikkate alınmıştır. Örneğin "Neden?" ve "Kaç yapıyor bunların toplamı?" gibi öğretmen söylemleri, öğrencilerin çözüm yollarını gerekçelendirmelerine yönelik olduğu için gerekçelendirmeyi derinleştiren rol kapsamında değerlendirilmiştir. "2'den başlayabiliriz." ifadesi öğrencileri farklı bir çözüm yoluna yönlendirmesi nedeniyle strateji yönlendirici rol altında ele alınırken; "Bölen değiller." söylemi matematiksel olarak uygun olmayan bir yaklaşımı elemesi nedeniyle eleyici/çürütücü rol kapsamında değerlendirilmiştir. Bunun yanında "Ortak böleni olmalıydı." söylemi matematiksel ilişkiyi vurgulaması nedeniyle kavramsallaştırıcı/genelleyici rol altında değerlendirilmiş; "Her yolu denediniz mi?" ifadesi ise öğrencileri çözüm süreçlerini yeniden gözden geçirmeye yönlendirmesi bakımından çözüm sürecini gözden geçirmeye yönlendiren rol kapsamında ele alınmıştır.

Araştırmada nitel veri analizi temel alınmış; kodların dağılımlarını anlaşılır biçimde ortaya koyabilmek amacıyla frekans ve yüzde hesaplamalarından da yararlanılmıştır.

Geçerlik ve Güvenirlik

Araştırmanın geçerliğini ve güvenirliğini sağlamak amacıyla veri toplama ve analiz sürecinde çeşitli önlemler alınmıştır. Veriler, sınıf içi etkileşimlerin ses kayıtları aracılığıyla elde edilmesi ve kayıtların kelimesi kelimesine yazıya dökülmesiyle oluşturulmuştur.

Veri analizi sürecinde kullanılan kodlama çerçevesi açık biçimde tanımlanmış; söylem birimlerinin belirlenmesi ve kodlanması süreci belirli ölçütler doğrultusunda yürütülmüştür. Transkriptler birden fazla kez incelenmiş ve kodlama sürecinde tutarlılık sağlanmaya çalışılmıştır.

Araştırmada elde edilen bulguların sınıf içi söylemlerden doğrudan alıntılarla desteklenmesi, bulguların veriyle ilişkilendirilmesini güçlendirmiştir. Ayrıca araştırma sürecinin ayrıntılı biçimde raporlanmasına özen gösterilmiştir.

Araştırmacının aynı zamanda dersin öğretmeni olması nedeniyle, analiz sürecinde öznel yorumların etkisini azaltmak amacıyla kodlama süreci açık ölçütlere dayandırılmış ve sistematik biçimde yürütülmüştür. Verilerin analizi sürecinde nesnelliği sağlamak ve araştırmacı yanlılığını önlemek amacıyla uzman incelemesinden yararlanılmıştır. Bu doğrultuda, elde edilen kodlar ve oluşturulan temalar matematik eğitimi alanında uzman bir öğretim üyesi ile gözden geçirilmiş, veri setinin ve analizlerin şemaya uygunluğu doğrulanmıştır.

BULGULAR

Araştırmada elde edilen bulgular, sınıf içi argümantasyon sürecinde ortaya çıkan öğretmen ve öğrenci söylemlerinin Toulmin Argümantasyon Şeması bileşenlerine göre dağılımını ve öğretmen söylemlerinin argümantasyon sürecindeki rollere göre dağılımını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda bulgular, argümantasyon hamlelerinin genel dağılımı, öğrenci hamlelerinin dağılımı ve öğretmen rollerinin dağılımı başlıkları altında sunulmuştur.

Argümantasyon Hamlelerinin Toulmin Bileşenlerine Göre Dağılımı

Araştırmada öğretmen ve öğrenci argümantasyon hamlelerinin Toulmin bileşenlerine göre frekans ve yüzde dağılımları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Öğretmen-Öğrenci Hamlelerinin Toulmin Bileşenlerine Göre Dağılımları

Toulmin Bileşeni	Öğretmen f (%)	Öğrenci f (%)
İddia (C)	4 (18,2)	17 (47,2)
Veri (D)	5 (22,7)	9 (25,0)
Gerekçe (W)	7 (31,8)	6 (16,7)
Çürütme (R)	4 (18,2)	4 (11,1)
Destek (B)	2 (9,1)	0 (0)
Niteleyici (Q)	1 (4,5)	0 (0)
Toplam	22 (100)	36 (100)

Tablo 3 incelendiğinde, ders sürecinde öğretmene ait toplam 22 ve öğrencilere ait toplam 36 argümantasyon hamlesi belirlenmiştir. Öğretmen hamlelerinde en yüksek oran %31,8 ile gerekçe (W) bileşenine aitken, en düşük oran %4,5 ile niteleyici (Q) bileşenine aittir. Öğrenci hamlelerinde ise en yüksek oran %47,2 ile iddia (C) bileşenine aitken, destek (B) ve niteleyici (Q) bileşenlerine ilişkin herhangi bir hamleye rastlanmamıştır (%0).

Öğretmen Söylemlerinin Rol Dağılımı

Öğrenci argümantasyon hamlelerine ilişkin dağılımların ardından, öğretmen söylemlerinin argümantasyon sürecindeki rollere göre dağılımı incelenmiştir. Ders sürecinde ortaya çıkan 22 öğretmen söyleminin argümantasyon sürecindeki rollere göre dağılımına Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo 4. Öğretmen söylemlerinin rollere göre frekans dağılımları

TR Kodu	Öğretmen Rolü	f	%
TR1	Argümantasyonu Tetikleyen	2	9,1
TR2	Gerekçelendirmeyi Derinleştiren	7	31,8
TR3	Strateji Yönlendirici	4	18,2
TR4	Eleyici / Çürütücü	4	18,2
TR5	Doğrulayıcı / Onaylayıcı	2	9,1
TR6	Kavramsallaştırıcı / Genelleyici	2	9,1
TR7	Çözüm Sürecini Gözden Geçirmeye Yönlendiren	1	4,5
Toplam		22	100

Tablo 4 incelendiğinde, öğretmen söylemlerinin en yüksek oranda %31,8 ile gerekçelendirmeyi derinleştiren (TR2) rol kapsamında gerçekleştiği görülmektedir. Bunu sırasıyla eşit oranlarla (%18,2) strateji yönlendirici (TR3) ve eleyici/çürütücü (TR4) roller izlemektedir. En düşük orana sahip rol ise %4,5 ile çözüm sürecini gözden geçirmeye yönlendiren (TR7) roldür.

Elde edilen bulgular, sınıf içi argümantasyon sürecinde toplam 58 argümantasyon hamlesi gerçekleştiğini ve bu hamlelerin 22'sinin öğretmene, 36'sının öğrencilere ait olduğunu göstermektedir. Toulmin Argümantasyon Şeması bileşenlerine göre incelendiğinde, öğretmen hamlelerinin en yüksek oranda gerekçe (W), en düşük oranda ise niteleyici (Q) bileşeninde; öğrenci hamlelerinin ise en yüksek oranda iddia (C) bileşeninde gerçekleştiği, destek (B) ve niteleyici (Q) bileşenlerine ilişkin öğrenci hamlesine rastlanmadığı belirlenmiştir.

Öğrenci hamlelerinin dağılımı incelendiğinde, iddia ve veri bileşenlerinin ağırlıklı olduğu, gerekçe ve çürütme bileşenlerinin daha düşük oranda yer aldığı görülmektedir. Öğretmen söylemlerinin rol dağılımına bakıldığında ise öğretmenin en çok gerekçelendirmeyi derinleştiren ve strateji yönlendirici roller kapsamında söylem ürettiği; en az ise çözüm sürecini gözden geçirmeye yönlendiren rolü üstlendiği belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Araştırmada elde edilen bulgular, öğrencilerin sınıf içi tartışmalara aktif biçimde katıldıklarını ve çözüm yollarını açıklamaya yönelik söylemler ürettiklerini göstermektedir. Öğrencilerin farklı çözüm önerileri sunmaları ve öğretmenin yönlendirmelerine yanıt vermeleri, sınıf içi etkileşimlerin argümantasyon sürecinde önemli bir yere sahip olduğunu düşündürmektedir. Matematik eğitimi alanındaki çalışmalar da sınıf içi etkileşimlerin öğrencilerin matematiksel düşüncelerini açıklama, gerekçelendirme ve değerlendirme süreçleri açısından önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Yackel & Cobb, 1996; Cobb, 1999).

Araştırmadan elde edilen bir diğer bulgu, öğrencilerin argümantasyon sürecine ağırlıklı olarak iddia ve veri bileşenleri üzerinden katılmış olmaları; buna karşılık gerekçe, destek ve niteleyici gibi üst düzey bileşenleri yapılandırmada ise daha sınırlı kalmış olmalarıdır. Bu durum, öğrencilerin ulaştıkları matematiksel sonuçları ya da çözüm yollarını (iddia) rahatlıkla ifade edebildiklerini ancak bu düşüncelerin arkasındaki matematiksel akıl yürütme süreçlerini (gerekçe) açıklamakta veya bunları kavramsal temellere (destek) dayandırmakta zorlandıklarını düşündürmektedir. Alan yazın incelendiğinde bu sonucun, matematik sınıflarında yürütülen argümantasyon çalışmalarının genel eğilimiyle büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir. Nitekim Krummheuer (2007) de ilköğretim

düzeyindeki matematik derslerinde öğrencilerin iddia üretmeye oldukça yatkın olduklarını, fakat bu iddiaları dayandıracak matematiksel gerekçeleri ortaya koymakta sıklıkla zorlandıklarını ve öğretmen desteğine ihtiyaç duyduklarını belirtmektedir. Benzer şekilde Erduran ve arkadaşları (2006) sınıf içi tartışmaların çoğunlukla düşük seviyeli argümanlar (iddia-veri) düzeyinde kaldığını, üst düzey argüman bileşenlerinin üretiminin ise daha sınırlı olduğunu ifade etmektedir. Türkiye bağlamında ortaokul düzeyinde yürütülen çalışmalarda da öğrencilerin iddia üretmede başarılı oldukları, ancak bu iddiaları gerekçelendirmede yetersiz kaldıkları belirtilmektedir (Atasoy & Yiğitcan Nayir, 2021; Güneş Uzun, 2024). Bu doğrultuda mevcut araştırma bulgularının hem ulusal hem de uluslararası alan yazındaki çalışmalarla tutarlılık gösterdiği söylenebilir.

Araştırma bulguları, öğretmenin argümantasyon sürecinde aktif bir rol üstlendiğini düşündürmektedir. Öğretmen söylemlerinin büyük ölçüde gerekçelendirmeyi derinleştiren ve strateji yönlendirici roller kapsamında yoğunlaşması, öğretmenin öğrencilerin düşünme süreçlerini desteklemeye yönelik söylemler ürettiğine işaret etmektedir. Bu bulgu, öğretmenin ortaklaşa argümantasyon sürecinde öğrencilerin akıl yürütmelerini destekleyen ve yönlendiren bir role sahip olduğunu ortaya koyan çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Conner vd., 2014). Bununla birlikte, çözüm sürecini gözden geçirmeye yönlendiren role ilişkin öğretmen söylemlerinin daha sınırlı düzeyde kaldığı belirlenmiştir.

TYMM (2024) kapsamında hazırlanan farklılaştırma etkinlikleri öğrencilerin alternatif iddialar (C) üretmesini tetiklemiş ancak öğrencilerin kavramsal destek (B) düzeyinde argüman geliştirmelerini doğrudan desteklemediği görülmüştür. Bu durumun, yeni müfredat etkinliklerinin başarısının, öğretmenin süreçteki bilinçli ve derinleştirici söylemsel hamlelerine (TR2) bağlı olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 6. sınıf matematik dersinde sınıf içi argümantasyonun yapısı ve öğretmen ile öğrencilerin bu süreçte üstlendikleri roller incelenmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde, öğrencilerin argümantasyon sürecine aktif şekilde katıldıklarını fakat bu katılımın daha çok iddia ve veri bileşenlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Öğrencilerin gerekçe, destek ve niteleyici bileşenlerinde daha sınırlı hamleler ürettikleri belirlenmiştir. Bunun yanında öğretmenin, özellikle gerekçelendirmeyi derinleştiren ve strateji yönlendirici söylemler aracılığıyla süreci desteklediği görülmüştür.

Bu bulgular, sınıf içi tartışma ortamlarının öğrencilerin matematiksel düşüncelerini ifade etmelerini desteklediğini düşündürmektedir. Bununla birlikte öğrencilerin gerekçelendirme, değerlendirme ve farklı çözüm yollarını tartışma süreçlerine daha fazla katılım göstermelerini destekleyecek öğrenme ortamlarının oluşturulmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Araştırmada öğretmen söylemlerinin özellikle gerekçelendirmeyi derinleştirme ve çözüm yollarını yönlendirme işlevleri etrafında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu durum, sınıf içi argümantasyon sürecinde öğretmenin yalnızca yönlendirici sorularıyla değil, öğrencilerin farklı çözüm yollarını tartışabilecekleri ve düşüncelerini gerekçelendirebilecekleri uygun öğrenme ortamlarını oluşturmasıyla da önemli bir role sahip olduğunu düşündürmektedir.

Bu çalışma, tek bir sınıf ortamında ve tek bir ders süreci kapsamında yürütülmüştür. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda farklı sınıf düzeylerinde ve matematik öğrenme alanlarında, daha uzun süreli uygulama süreçlerinde sınıf içi argümantasyon yapısının incelenmesinin alana katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ayalon, M., & Hershkowitz, R. (2018). Mathematics teachers' attention to students' arguments: The role of educational tasks and teaching experience. *The Journal of Mathematical Behavior*, 49, 159-173.

Atasoy, E., & Yiğitcan Nayir, F. (2021). Ortaokul matematik derslerinde argümantasyon sürecinin incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 46(207), 123-145.

Cobb, P. (1999). Individual and collective mathematical development: An analysis of data from a classroom teaching experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 5-48.

Conner, A. M. (2008). Expanded Toulmin diagrams: A tool for investigating explanations in mathematics classrooms. *Proceedings of the Joint Meeting of PME 32 and PME-NA XXX*, 2, 361-368.

Conner, A. M., Singletary, L. M., Smith, R. C., Wagner, P. A., & Francisco, R. T. (2014). Teacher support for collective argumentation: A framework for examining how teachers support students' engagement in mathematical reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 86(3), 401-423.

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). SAGE Publications.

Dede, A. T. (2018). Matematik eğitimi alanındaki ortaklaşa argümantasyon çalışmalarının incelenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, *9*(3), 636-661.

Erduran, S., Ardac, D., & Yakmaci-Guzel, B. (2006). Learning to teach argumentation: Case studies of pre-service secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 1-14.

Krummheuer, G. (1995). The ethnography of argumentation. In P. Cobb & H. Bauersfeld (Eds.), *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures* (pp. 229-269). Lawrence Erlbaum Associates.

Krummheuer, G. (2007). Argumentation and participation in the primary mathematics classroom: Two episodes and their analysis. *Mathematics Education Research Journal*, 19(1), 60-80.

Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. Jossey-Bass.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar).* Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). *6. sınıf matematik dersi farklılaştırma etkinlikleri kitabı.* Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Author.

Sfard, A. (2001). There is more to discourse than meets the eye: Looking at thinking as communicating to learn mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 46(1), 13-57.

Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli [TYMM]. (2024). *Matematik dersi öğretim programı ortak metni.* Ankara: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.

Uzun, G. (2024). The development of mathematical argumentation: A case study on two mathematics classrooms. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 20(3), 245-260.

Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language* (A. Kozulin, Trans. & Ed.). MIT Press. (Orijinal çalışma basım tarihi 1934)

Wagner, P. A., Smith, R. C., Conner, A. M., Singletary, L. M., & Francisco, R. T. (2014). Using Toulmin's model to trace development of mathematical ideas. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(3), 200-215.

Whitenack, J. W., & Yackel, E. (2002). Making connection: An analytical approach to documenting students' collective mathematical learning. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(4), 523-537.

Yackel, E. (2002). What we can learn from analyzing the teacher's role in collective argumentation. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(4), 423-440.

Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education, 27*(4), 458–477. https://doi.org/10.2307/749877

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (10. baskı). Seçkin Yayıncılık.

GROWTH OF COMPOSITIONALLY UNIFORM Si–Ge MONOCRYSTALS BY THE ZONE MELTING METHOD AND INVESTIGATION OF THEIR THERMOELECTRIC PROPERTIES

Associate prof. Aynur Ikhtiyar Hashimova

Sumgayit State University, Faculty of Natural Sciences, Sumgayit, Azerbaijan

ORCİD: 0000-0003-0423-937X

Associate prof. Sara Rashid Sadigova

Sumgayit State University, Faculty of Natural Sciences, Sumgayit, Azerbaijan

ORCİD: 0000-0003-0531-8686

Garanfil Abdul Shahsivarova

Sumgayit State University, Faculty of Natural Sciences, Sumgayit, Azerbaijan

ORCİD: 0000-0002-9279-4578

Ulviyya Mustafa Mustafayeva

Sumgayit State University, Faculty of Natural Sciences, Sumgayit, Azerbaijan

ORCİD: 0009-0002-8428-7725

ABSTRACT

This article proposes a novel technological approach for obtaining binary solid solution monocrystals based on Si and Ge with uniform composition using the zone melting method. The alloy is prepared using a three-part structural design: a wedge-shaped seed section, a sequence of "small-radius cylinder – truncated cone – large-radius cylinder", and an annular regulating element.By applying the regulating ring technology, the concentration of the secondary component (Ge or Si) is maintained constant along the melt within the crystallization zone, ensuring high compositional homogeneity in the resulting crystal. The thermoelectric properties of the grown monocrystals have been investigated over a wide temperature range. Observations reveal that, depending on composition and temperature, electrical conductivity, band gap energy, and thermoelectric power vary across different samples.Based on the results, an increase in Si concentration within the range of 0–15% leads to a significant widening of the band gap. It has been demonstrated that crystals grown using this method are of high quality, compositionally stable, and possess broad application potential.

Keywords: monocrystal, semiconductor, thermoelectric properties, temperature, concentration, electrical conductivity

1. INTRODUCTION

Most converter devices widely used in various fields of technology are composed of binary solution crystals based on Si and Ge semiconductors. During the growth of these crystals, it is required that the concentration of the second component (e.g., Ge) gradually increases from zero to a constant value. However, in this case, a large portion of the grown crystal remains compositionally unstable and thus unsuitable for practical use. In some cases, the geometric structure of the alloy is selected as a sequence of “wedge – truncated cone – cylinder” to partially eliminate these drawbacks. Nevertheless, even with this approach, the composition in the truncated cone section of the crystal remains irregular [1,11].

The method proposed in the present work preserves the previous geometric structure while altering the internal component distribution to ensure compositional uniformity throughout all “truncated cone – cylinder” regions. The schematic of this method is shown in Figure 1. If the wedge section is

conceptualized as a prism divided into perpendicular layers, and it is assumed that the second component is appropriately distributed within each layer, then the distribution law of the Cp concentration along the prism can be determined.

$$C_p(t) = C_0 \cdot \frac{t}{t_1} \tag{1}$$

Here, C_0 denotes the initial concentration of the second component uniformly distributed in the wedge part of the alloy, $t_1 = \frac{h_1}{\upsilon}$, h_1 is the length of the wedge, and υ represents the movement velocity of the molten zone along the alloy. Until the leading edge of the molten zone reaches the smaller base of the truncated cone section of the alloy, the distribution of the second component along the growing crystal occurs according to the following relation.

$$C_k = C_0 \left\{ t - \frac{l}{k\upsilon} \left[1 - \exp\left(-\frac{k\upsilon}{l} t \right) \right] \right\}, \quad 0 \le t \le \frac{h_1 - l}{\upsilon} \tag{2}$$

At that moment, the concentration of the second component in the molten zone is expressed as follows.

$$C_z = \frac{C_0}{k} \left\{ \frac{h_1 - l}{\upsilon} - \frac{l}{k\upsilon} \left[1 - \exp\left(-\frac{k(h_1 - l)}{l} t \right) \right] \right\} \tag{3}$$

Until the leading edge of the molten zone reaches the end of the alloy, it is possible to create appropriate conditions such that the concentration of the second component in the entire “truncated cone–cylinder” section remains constant at the value defined by expression (1). The necessary and sufficient condition for this state is that the concentration of the second component in the molten zone remains unchanged.

2. EXPERIMENT

Let us assume that within a certain time interval, a layer corresponding to the prism thickness has crystallized at the crystallization front (on the left side). During this time, a certain amount of the second component from the melt transfers into the crystallized layer. If it is required that the concentration of this component in the melt remains constant, then the same amount of the component must be supplied to the melt from the layer of equal thickness melting from the right side [2].

When the volumes of the crystallizing and molten regions are equal in this section, the composition of the melt remains constant. However, if the volume of the molten region is larger than that of the crystallizing region, the concentration of the second component will increase and cannot remain constant. If the concentration of the second component is appropriately selected in a certain cross-section of the crystal and in the prism and cone volumes surrounding the molten zone, the composition of the molten zone will remain unchanged and constant up to the leading front.

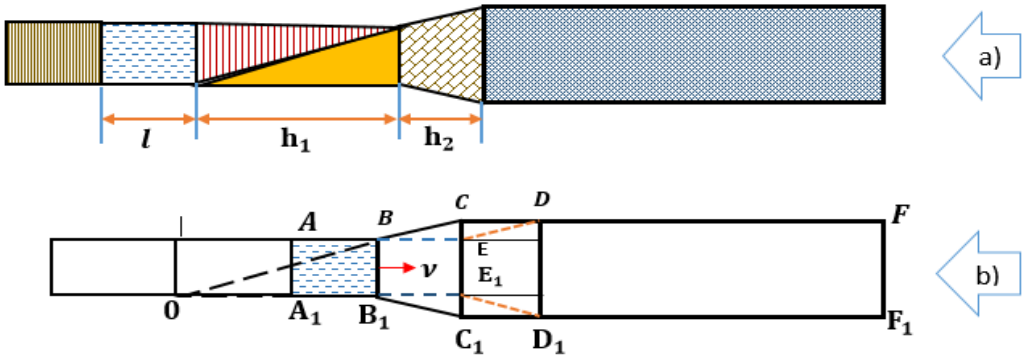


Fig. 1. Schematic diagram of the method used for the growth of GeSi monocrystals.

Beyond this point, a change occurs in the process: the layers crystallizing after the BB_1 cross-section form a small truncated cone shape. The truncated cones BB_1C_1C and EE_1D_1D are equal in volume. If the concentration of the second component in EE_1D_1D is chosen equal to the concentration at the AA_1 cross-section of the crystal, and in the volumes CED and C_1E_1D equal to the concentration in the melt, then the concentration of the second component in the crystal will remain constant. In this case, the compositional stability is automatically ensured because both the volumes and concentrations in the crystallizing and molten zones are equal. Thus, it is possible to grow compositionally stable monocrystals throughout the "truncated cone-cylinder" volume [3,10].

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Accordingly, the alloy prepared for obtaining large-volume, compositionally stable binary solid solution monocrystals by the zone melting method consists of three parts:

- A wedge-shaped section with an arbitrary concentration C_0 of the second component (Figure 2a);
- A section in the form of "small radius cylinder – truncated cone – large radius cylinder" (Figure 1b), where the concentration of the second component is chosen accordingly;
- A ring-shaped section consisting of two truncated cones of equal size connected by two cylinders, with the concentration of the second component determined within the zone.

The third section is placed onto the “small cylinder–truncated cone” part of the second section. The parts of the alloy are arranged as shown in Figure 1b. The rectangular prism-wedge-shaped monocrystal core is positioned on the wedge section such that together they form a rectangular prism [4,9].

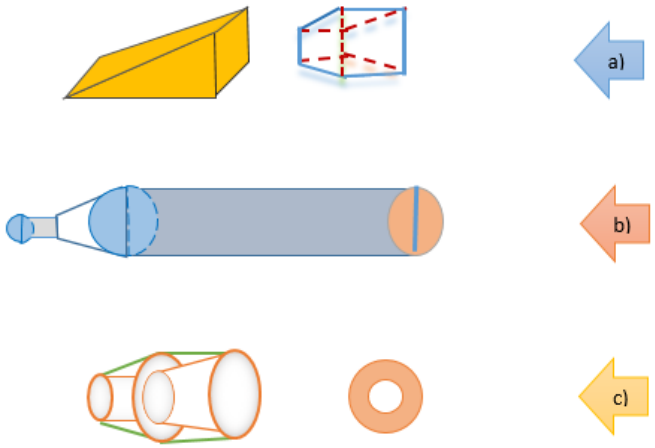


Fig. 2. Initial state of the system.

The ring section is initially fabricated in a mold made of quartz glass; the small cylinder end of the mold is sealed with a sharp-angled cone. Then, using a quartz tube (Figure 3), it is hermetically sealed at the bottom of the crucible. The tube is fully connected to the mold. The required amounts of Ge and Si materials are placed into the crucible, a high vacuum ($10^{-4} - 10^{-5}$ tor) is created, and the mixture is melted in an electric furnace.

Since silicon and germanium form liquid and solid solutions throughout the entire composition range, it is not necessary to heat the system up to the melting point of silicon. At approximately 940 °C, silicon crystals rapidly dissolve in molten germanium. Surface tension forces can prevent the spontaneous flow of the molten mass into the mold.

Once the melt reaches compositional homogeneity, pure helium gas is introduced into the working chamber at a pressure of 0.5–0.8 atm. Due to the applied pressure, the melt is forced through a small orifice at the bottom of the crucible and enters the mold in the form of a strong jet. To prevent premature solidification from blocking the flow paths, the mold is preheated to around 800 °C. Under these conditions, the melt solidifies rapidly enough to ensure the integral compositional uniformity of the alloy [5,11,12].

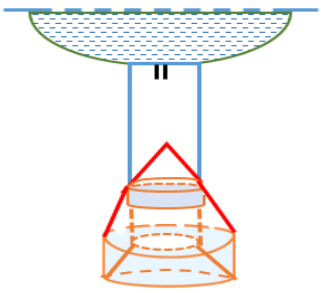


Fig. 3. Mold with quartz tube.

Using the regulating ring method, solid solution monocrystals with various concentrations (x; 5; 6; 8; 10; 15 $at.\%$ Si compositions) were obtained, and their thermoelectric properties—namely, electrical conductivity and thermoelectric power—were studied within a specific temperature range. The band gap width was determined based on the $\lg\sigma = f(\frac{1}{T})$ dependence. Figure 4 shows the temperature dependence of electrical conductivity, while Figure 5 presents the dependence of the band gap width on composition [6,7,8].

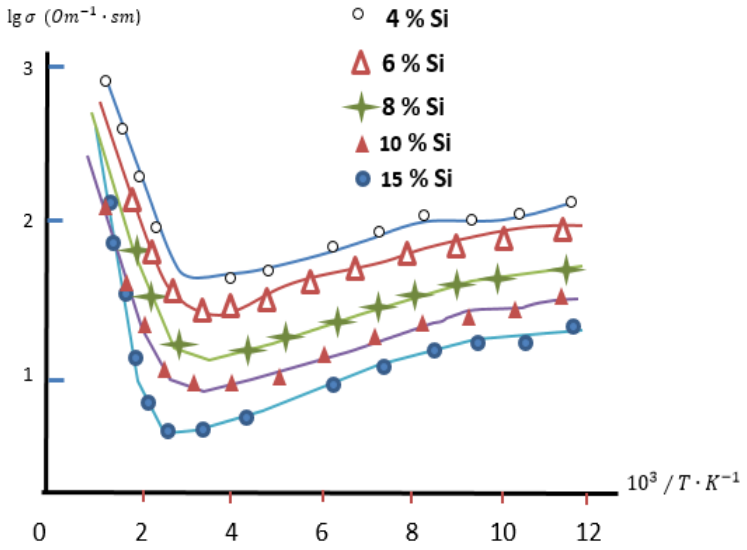


Fig. 4. Temperature dependence of electrical conductivity for samples with different compositions

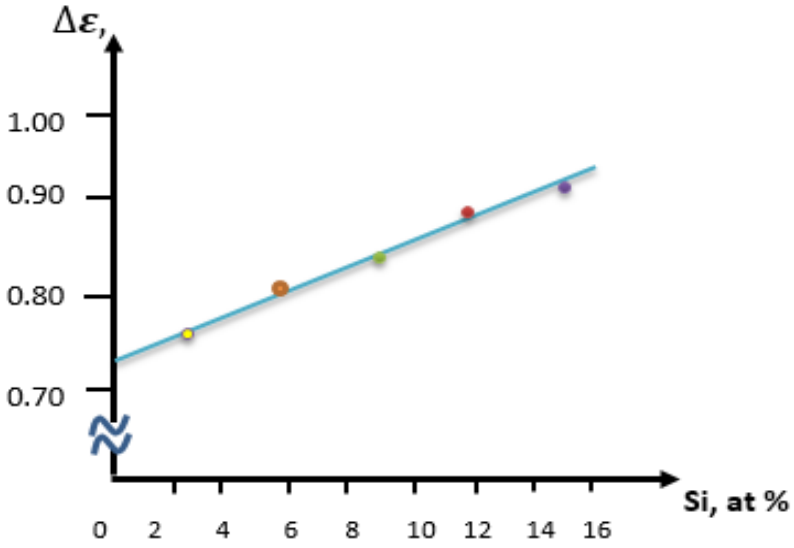


Fig. 5. Composition dependence of the activation energy for samples with different compositions.

As seen in Figure 6, for samples with different compositions, the thermoelectric power is independent of temperature within the $T \approx 100 \div 400\,K$ interval, while in the $T \approx 400 \div 500\,K$ interval, it decreases with increasing temperature and changes sign at $450 \div 500\,K$.

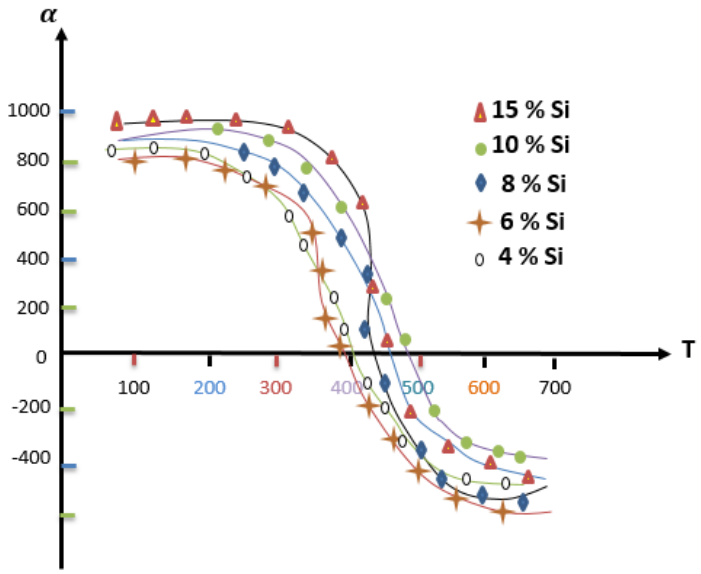


Fig. 6. Temperature dependence of the thermoelectric power for samples with different compositions.

It was established that the use of a regulating ring in the zone melting method allows for the growth of more advanced monocrystals of binary solid solutions. The resulting *GeSi* crystal exhibits p-type conductivity up to $100 \div 500\,K$, and n-type conductivity above that temperature $500\,K$. As the Si concentration increases within the range of 0–15%, the band gap width changes from $0{,}72\ eV$ to $0{,}94\ eV$.

CONCLUSIONS

In this study, a novel technological approach for the growth of compositionally uniform Si–Ge solid solution monocrystals using the zone melting method has been proposed and successfully implemented. The main outcomes can be summarized as follows:

- The application of a regulating ring ensures a constant concentration of the secondary component (Si or Ge) within the melt zone, thereby enabling high compositional homogeneity in the resulting monocrystals.
- Increasing the silicon concentration in the range of 0–15% leads to a significant widening of the energy band gap.
- The electrical conductivity and thermoelectric power of the grown crystals vary sensitively with temperature and composition, indicating their high functional quality.
- It has been established that the obtained GeSi monocrystals exhibit p-type conductivity up to a certain temperature and transition to n-type conductivity above this point.

- The proposed method allows automatic maintenance of compositional stability across the "small-radius cylinder – truncated cone – large-radius cylinder" structure, enabling the production of large-volume monocrystals with uniform properties.

These findings demonstrate a significant advancement in precision control during crystal growth and contribute to the enhancement of Si–Ge solid solution monocrystals' structural and functional quality.

APPLICATIONS

The experimental results suggest that compositionally stable and high-quality Si–Ge solid solution monocrystals have strong application potential in the following areas:

- **Thermoelectric devices:** These materials can be effectively used for power generation and thermal energy conversion due to their tunable thermoelectric properties.
- **Photovoltaics:** The adjustable band gap makes them promising absorber materials for tandem solar cell architectures.
- **Semiconductor technology:** Their tunable electrical properties support applications in electronic components such as sensors, transistors, and integrated circuits.
- **Automotive and aerospace industries:** Their thermal stability and electronic performance make them suitable for high-temperature electronics in demanding environments.

In conclusion, the proposed zone melting technique for growing Ge–Si monocrystals provides a reliable and scalable route for producing advanced functional materials tailored to modern technological applications.

REFERENCES

- https://www.materialstoday.com/crystalline-materials/news/new-form-of-silicon-for-semiconductor-technology/
- D. Amaresh and D. Debajyoti, Optoelectronic and structural properties of Ge-rich narrow band gap nc-Si_xGe_{1-x} absorber layer for tandem structure nc-Si solar cells, *J. Phys. Chem. Solids*, 2021, **154**, 110055 CrossRef.
- M. Kürten and J. Schilz, Czochralski growth of Si_xGe_{1-x} single-crystals, *J. Cryst. Growth*, 1994, **139**(1–2), 1–5 CrossRef.
- J. P. Dismukes et al., J. Phys. Chem. 68, 3021 (1964). http://dx.doi.org/10.1021/j100792a049
- R. H. Deitch et al., J. Electron. Mater. 29, 1074 (2000). https://doi.org/10.1007/s11664-004-0267-7
- I. Yonenaga et al., J. Cryst. Growth 154, 275 (1995). https://doi.org/10.1016/0022-0248(95)00186-7
- R. A. Smith, Semiconductors, 2nd edn, Cambridge University Press, London, 1979.
- R. Fornari, Electronic materials and crystal growth Single Crystals of Electronic Materials Growth and Properties Wood-head Publishing Series in Electronic and Optical Materials, 2019, pp. 1–3. https://doi.org/10.1016/C2016-0-02171-X
- A. Barz, P. Dold, U. Kerat, S. Recha, K. W. Benz, M. Franz and K. Pressel, Germanium-rich SiGe bulk single crystals grown by the vertical Bridgman method and by zone melting, J. Vac. Sci. Technol., B, 1998, 16(3), 1627–1630. https://doi.org/10.1116/1.589950

- A. Dario, H. O. Sicim and E. Balikci, A comparative study on the growth of germanium–silicon single crystals grown by the vertical Bridgman and axial heat processing techni-ques, J. Cryst. Growth, 2012, 351(1), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2012.04.008
- I. Yonenaga, Growth and fundamental properties of SiGe bulk crystals, J. Cryst. Growth, 2005, 275(1), 91–98. DOI:10.1016/j.jcrysgro.2004.10.071
- V.I. Shtanov, L.V. Yashina On the Bridgman growth of lead–tin selenide crystals with uniform tin distribution, (2009) pp. 3257-3264, https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2009.03.031
- Alexandre I Fedoseyev, J.Iwan D Alexander, Investigation of vibrational control of convective flows in Bridgman melt growth configurations, 2000, pp. 34–42. https://doi.org/10.1016/S0022-0248(99)00839-8

HIZLI KATILAŞTIRILMIŞ Al-Si-La ALAŞIMLARININ MİKROYAPI VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ömer LEKESİZTAŞ [1] and Ercan KARAKÖSE [2*]

[1] *Kayseri University, Graduate Education Institute, 38039 Kayseri – Turkey*

[2] *Kayseri University, Faculty of Engineering, 38039 Kayseri, Turkey*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La hipoötektik alaşımları ingot formunda ve 10, 20 ile 30 m/s disk hızlarında Ergitme Eğirme (MS) yöntemiyle hızlı katılaştırılarak üretilmiştir. Elde edilen numunelerde disk hızına bağlı katılaşma koşullarının mikroyapı, faz oluşumu ve termal davranış üzerindeki etkileri FESEM, XRD ve DSC analizleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. FESEM görüntüleri, disk hızının artmasıyla birlikte tane/faz incelmesinin belirginleştiğini ve ikincil faz dağılımının daha homojen hâle geldiğini göstermiştir. Ingot numunelere kıyasla hızlı katılaştırılmış alaşımlarda daha rafine, süreksiz ve ince ölçekli bir ikincil faz morfolojisi oluşmuştur. XRD analizleri, α-Al ve Si fazlarının varlığını doğrulamış; La içeren alaşımlarda ise bunlara ek olarak $Al_{11}La_3$ ve $LaSi_2$ intermetalik fazlarının oluştuğunu göstermiştir. Hızlı katılaştırma koşullarının, söz konusu fazların göreli yoğunlukları ve mikroyapı içerisindeki dağılımları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. DSC analizlerinde, La ilavesiyle ötektik reaksiyon sıcaklığının Al–8Si alaşımında yaklaşık 578–580 °C aralığından Al–8Si–8La alaşımında yaklaşık 573 °C'ye düştüğü ve yaklaşık 5.1 °C'lik bir sıcaklık kayması meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca La içeren sistemlerde yaklaşık 603.5–605.6 °C aralığında ikincil intermetalik fazlarla ilişkili ek bir termal pik gözlenmiştir. Bu bulgular, hızlı katılaştırma ve La ilavesinin Al–Si esaslı alaşımlarda faz oluşumu, mikroyapısal rafinasyon ve termal davranış üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Rapid solidification; Melt spinning; Al–Si–La hypoeutectic alloys*

GİRİŞ

Al-Si esaslı alaşımlar, hafif metal sistemleri içerisinde dökülebilirlik, aşınma direnci ve özgül dayanım avantajlarıyla öne çıkmakta; bu özellikleri nedeniyle otomotiv, havacılık ve ileri mühendislik uygulamalarında yaygın biçimde değerlendirilmektedir (Niu et al., 2022). Ancak bu alaşım grubunda performansı belirleyen temel unsur yalnızca kimyasal bileşim değil, katılaşma sırasında gelişen faz morfolojisi ve mikroyapısal düzenlenmedir. Özellikle geleneksel döküm koşullarında oluşan kaba ve plaka benzeri ötektik Si fazları, mikroyapısal sürekliliği bozarak alaşımın mekanik ve yapısal kararlılığını sınırlandırabilmektedir. Bu nedenle Al-Si alaşımlarında Si fazının morfolojik olarak inceltilmesi, α-Al matrisinin rafine edilmesi ve ikincil fazların kontrollü dağılımı, mikroyapı tasarımının temel hedefleri arasında yer almaktadır (Niu et al., 2022; Noga et al., 2023). Hipoötektik Al-Si alaşımlarında bu hedefe ulaşmak için kullanılan yaklaşımlardan biri, nadir toprak elementleriyle yapılan alaşımlamadır. La, bu bağlamda hem Si morfolojisinin değişiminde hem de La içeren intermetalik fazların oluşumunda etkili bir katkı elementi olarak değerlendirilmektedir. Literatürde La ilavesinin, α-Al tanelerinin incelmesine katkı sağlayabildiği, ötektik Si'nin büyüme davranışını sınırlayabildiği ve uygun katkı koşullarında Si fazını daha ince/parçacıklı bir yapıya dönüştürebildiği bildirilmektedir (Zheng et al., 2020; Wu et al., 2020). Bununla birlikte La'nın etkisi yalnızca morfolojik modifikasyonla sınırlı değildir; katılaşma sürecinde oluşan fazların türü, dağılımı ve sürekliliği üzerinde de belirleyici olabilmektedir. Bu noktada hızlı katılaştırma teknikleri, Al-Si-La sisteminde faz oluşumunu ve mikroyapısal gelişimi yönlendirmek için önemli bir işlem parametresi sunmaktadır. Ergitme eğirme yöntemiyle elde edilen yüksek soğutma hızları, denge dışı katılaşma koşullarının oluşmasına, kimyasal homojenleşmenin artmasına ve ikincil fazların daha ince ölçekte dağılmasına imkân tanımaktadır (Chattopadhyay, 1992; Martínez-Villalobos et al., 2016; Zheng et al., 2020; Wu et al., 2020). Bu nedenle disk hızındaki değişim, yalnızca tane incelmesi üzerinde değil, aynı zamanda kristal fazların belirlenmesi, intermetalik oluşumların dağılımı ve termal tepkilerin farklılaşması üzerinde de etkili

olabilmektedir. Bu çalışmada Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımları 10, 20 ve 30 m/s disk hızlarında ergitme eğirme yöntemiyle üretilmiş ve hızlı katılaştırma koşullarının faz/mikroyapı/termal davranış üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. XRD analizleri ile kristal faz yapısı, FESEM incelemeleri ile mikroyapı morfolojisi ve faz dağılımı, DSC analizleri ile ise alaşımların termal davranışları değerlendirilmiştir. Literatürde La katkılı Al-Si alaşımlarına ilişkin çalışmalar çoğunlukla geleneksel döküm koşullarına odaklanmakta; hızlı katılaştırılmış Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımlarının XRD–FESEM–DSC ekseninde birlikte ele alındığı karşılaştırmalı çalışmalar sınırlı kalmaktadır (Zheng et al., 2020; Wu et al., 2020; Pan & Tzeng, 2025). Bu nedenle bu çalışma, disk hızına bağlı katılaşma koşullarının La içeren fazların oluşumu, Si morfolojisi ve termal davranış üzerindeki etkilerini açıklamayı amaçlamaktadır.

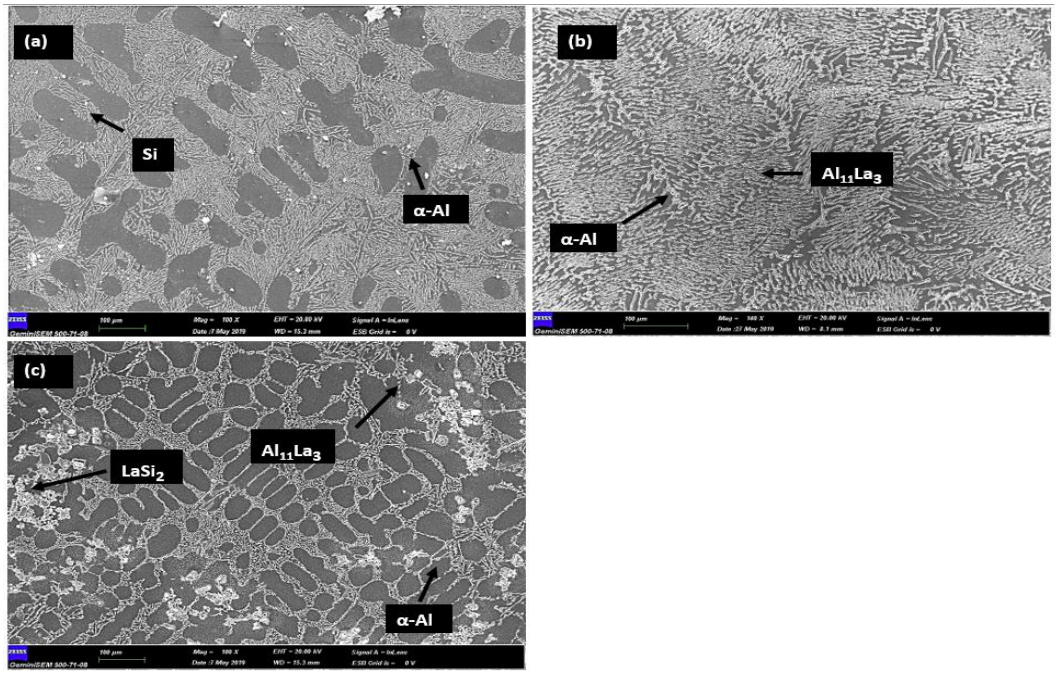
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La alaşımları ağırlıkça yüzde nominal bileşimlere göre, %99,99 saflıkta Al, Si ve La kullanılarak hazırlanmıştır. Elementler hassas biçimde tartılmış, ergitme işlemleri vakumlu indüksiyon fırınında inert/koruyucu atmosfer altında gerçekleştirilmiştir. Geleneksel katılaştırılmış ingot numuneler kalıba döküm yoluyla elde edilmiştir. Hızlı katılaştırılmış şerit numuneler, oda sıcaklığında inert atmosfer altında tek silindirli Ergitme Eğirme (MS) yöntemiyle 10, 20 ve 30 m/s disk hızlarında üretilmiştir. Disk hızı, katılaşma koşullarını ve mikroyapısal gelişimi belirleyen temel işlem parametresi olarak ele alınmıştır. Üretilen şeritlerin tipik kalınlık/genişlik aralığı yaklaşık 1–3 µm / 5–7 mm'dir. Faz analizleri XRD yöntemiyle Panalytical Empyrean cihazında CuKα radyasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 40 kV, 160 mA çalışma koşullarında; 2θ = 0–90° aralığında, 0.02° adım aralığı ve 10°/dk tarama hızıyla alınmıştır. Mikroyapı incelemeleri FESEM ile Zeiss Gemini 500 cihazında yapılmış; tane/faz incelmesi ve ikincil faz dağılımı değerlendirilmiştir. Termal analizler ise Setaram LABSYS DSC cihazında Ar atmosferi altında, 10 K/dk ısıtma hızında ve 30–850 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir.

TARTIŞMA

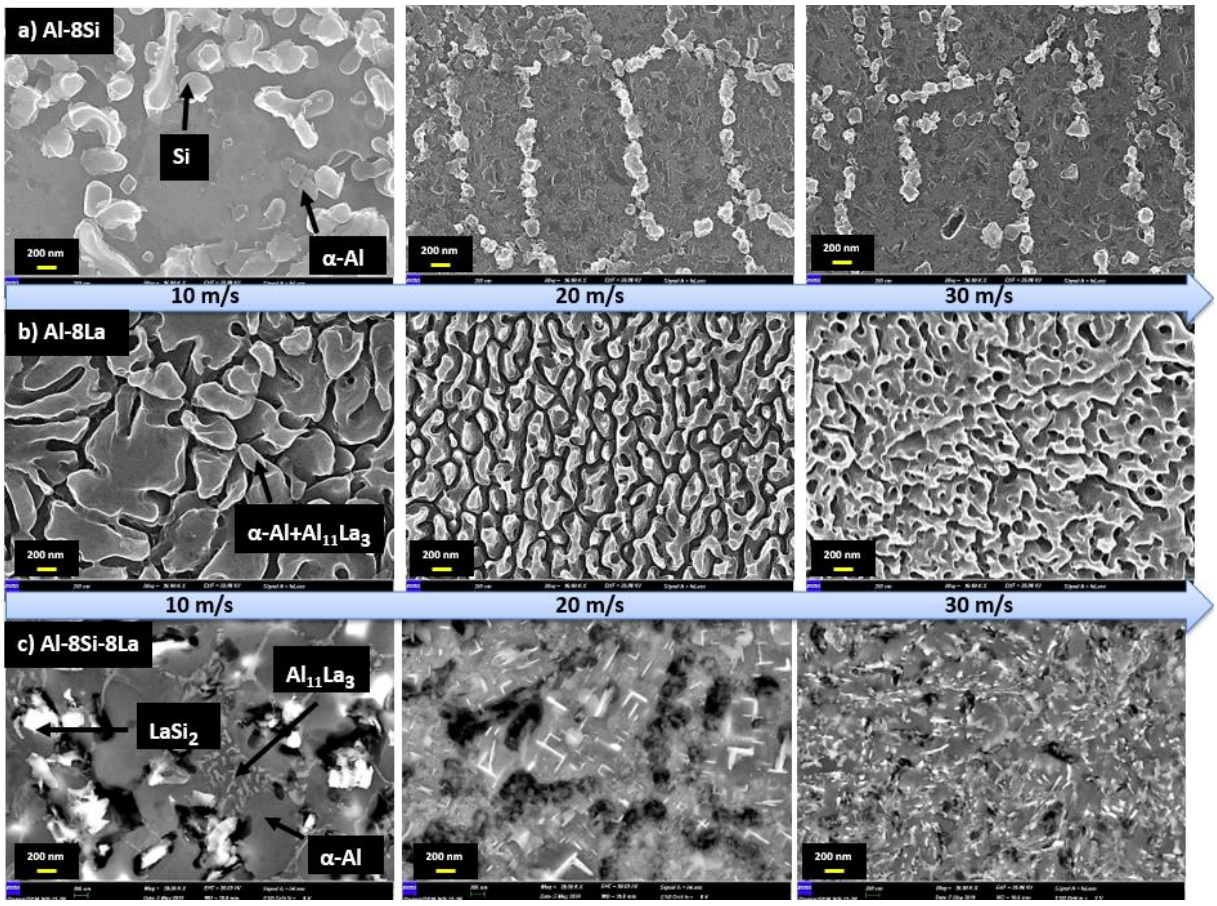
FE-SEM, XRD ve DSC Analizi

Şekil 1. Geleneksel döküm alaşımların FESEM görüntüleri olup: (a) Al-10Si, (b) Al-10La ve (c) Al-10La-10Si numunelerine aittir. Al–8Si geleneksel döküm alaşımında, birincil α-Al bölgeleri arasında süreklilik gösteren iğnemsi ötektik Si ağı tespit edilmiştir. Al–8La alaşımında ise α-Al matrisi içinde $Al_{11}La_3$ intermetalik fazının oluşumu belirgindir ve fazlar nispeten yönlenmiş bir doku sergilemesi, La'nın katılaşma sırasında bölünme (partition) davranışı sergileme eğilimiyle ilişkilendirilebilir. Al–8Si–8La bileşiminde ise; $Al_{11}La_3$ ile birlikte $LaSi_2$ fazının eşzamanlı olarak gözlenmesi, La–Si etkileşiminin ikincil faz çeşitliliğini artırdığını ve mikroyapıda çok-fazlı bir dağılım düzeni oluşturduğunu göstermektedir.



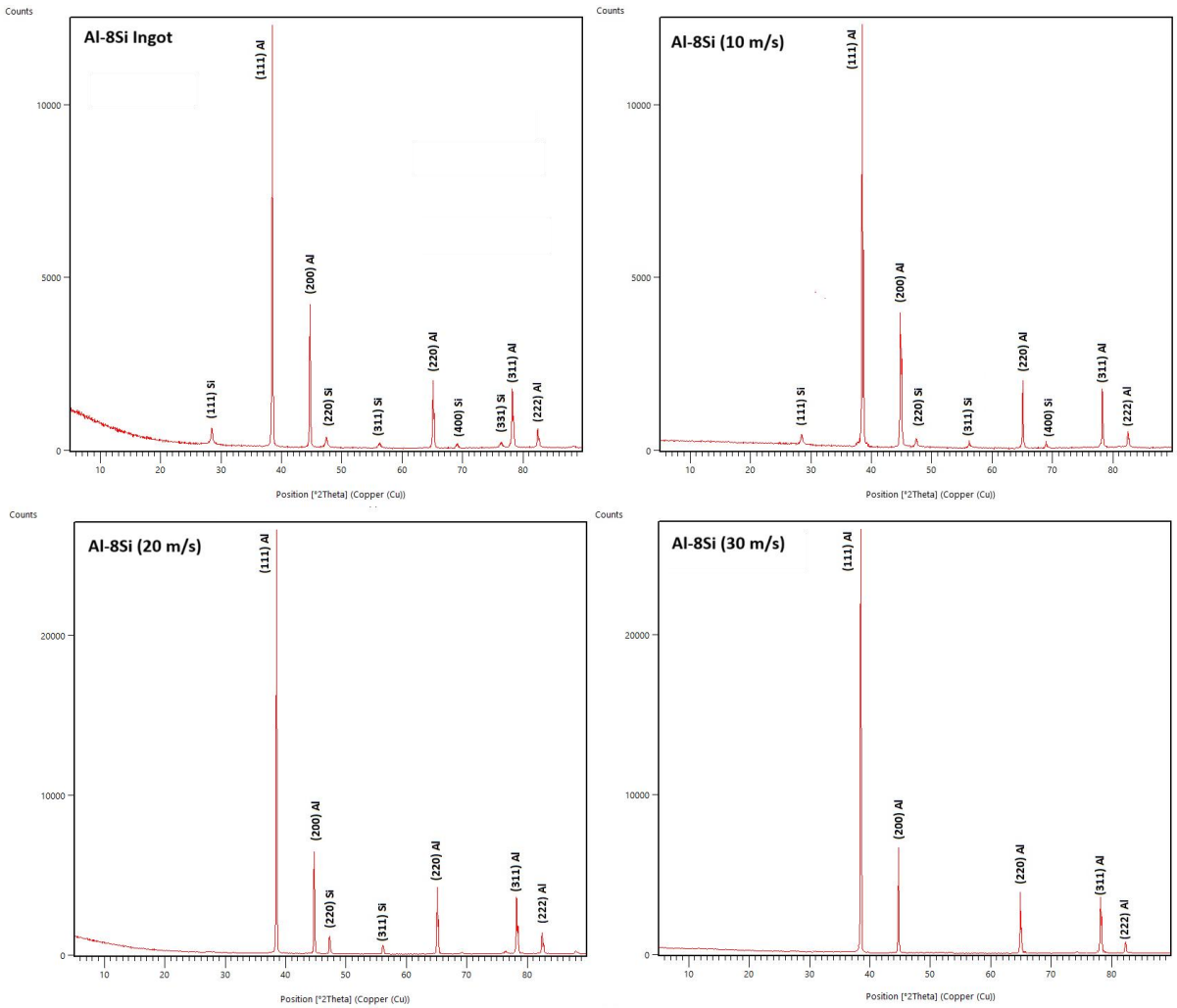
Şekil 1. *FESEM images of conventional casting alloys: (a) Al-8Si, (b) Al-8La and (c) Al-8La-8Si.*

Şekil 2(a)–(c)'de, disk hızının (soğuma hızının) ve Si/La bileşiminin Al-esaslı hipötektik sistemlerde mikroyapı evrimine etkisini ortaya koyan, sırasıyla 10, 20 ve 30 m/s hızlarda katılaştırılmış (a) Al-8Si, (b) Al-8La ve (c) Al-8Si-8La alaşımlarına ait FE-SEM görüntüleri sunulmaktadır. Şekil 2(a) – Al-8Si: 10 m/s koşulunda, birincil α-Al bölgeleri arasında kaba ve yer yer süreklilik gösteren ötektik Si ağı belirgindir. Disk hızı 20 ve 30 m/s'ye çıkarıldığında ise ötektik Si'nin ağ yapısının kademeli olarak parçalandığı, Si fazının daha ince, ayrık ve daha eşdağılımlı bir karakter kazandığı görülmektedir. Şekil 2(b) – Al-8La: La içeren sistemde 10 m/s'de, α-Al matrisi içerisinde nispeten kaba ve yönlenmiş/bağlantılı bir ikincil faz dokusu (etikette α-Al + $Al_{11}La_3$) izlenmektedir. Disk hızı 20 ve 30 m/s'ye yükseldiğinde, ikincil faz morfolojisinin belirgin biçimde inceldiği, daha sık tekrarlayan/hücresel bir karaktere evrildiği ve genel olarak daha rafine, daha parçalanmış ve daha homojen bir dağılıma geçtiği görülmektedir. Şekil 2(c) – Al-8Si-8La: Si ve La'nın birlikte bulunduğu alaşımda 10 m/s koşulunda, α-Al matrisi içinde iri ve belirgin $LaSi_2$ parçacıkları ile gömülü/yerel olarak yoğunlaşmış $Al_{11}La_3$ intermetalikleri seçilmektedir. Disk hızı 20 ve 30 m/s'ye çıkarıldığında ise hem $LaSi_2$ hem de $Al_{11}La_3$ fazlarının boyutunun anlamlı biçimde küçüldüğü, daha ayrık hale geldiği ve matriste daha homojen dağıldığı dikkat çekmektedir. Özellikle 30 m/s'de, mikroyapının "dağılmış-rafine ikincil fazlar" rejimine taşınması; katılaşma sırasında difüzyon kontrollü büyümenin baskılanması ve fazların daha yüksek çekirdeklenme yoğunluğuyla oluşmasıyla açıklanabilir.

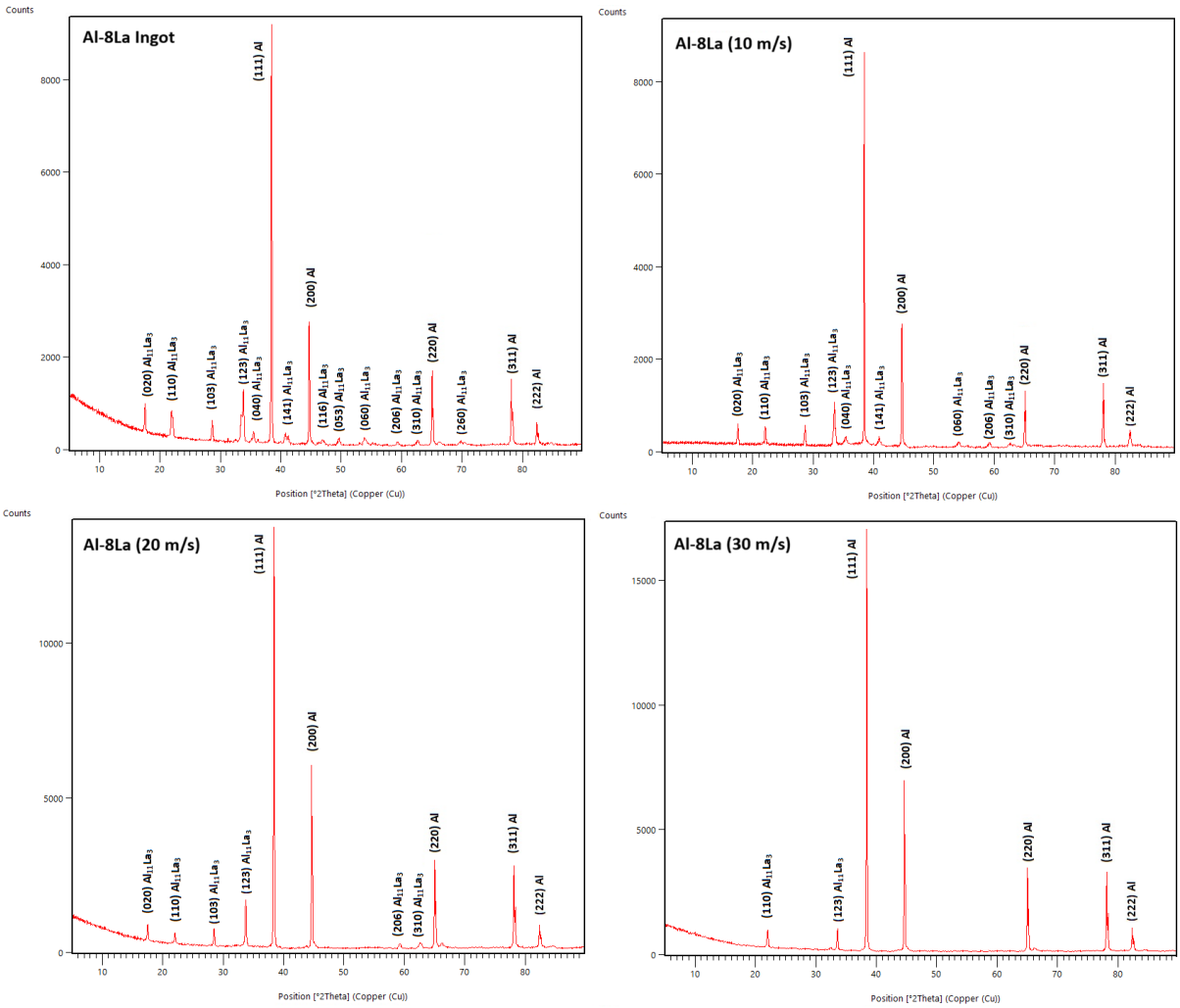


Şekil 2. *FESEM images of (a) Al-8Si, (b) Al-8La, and (c) Al-8Si-8La alloys solidified at 10, 20, and 30 m/s.*

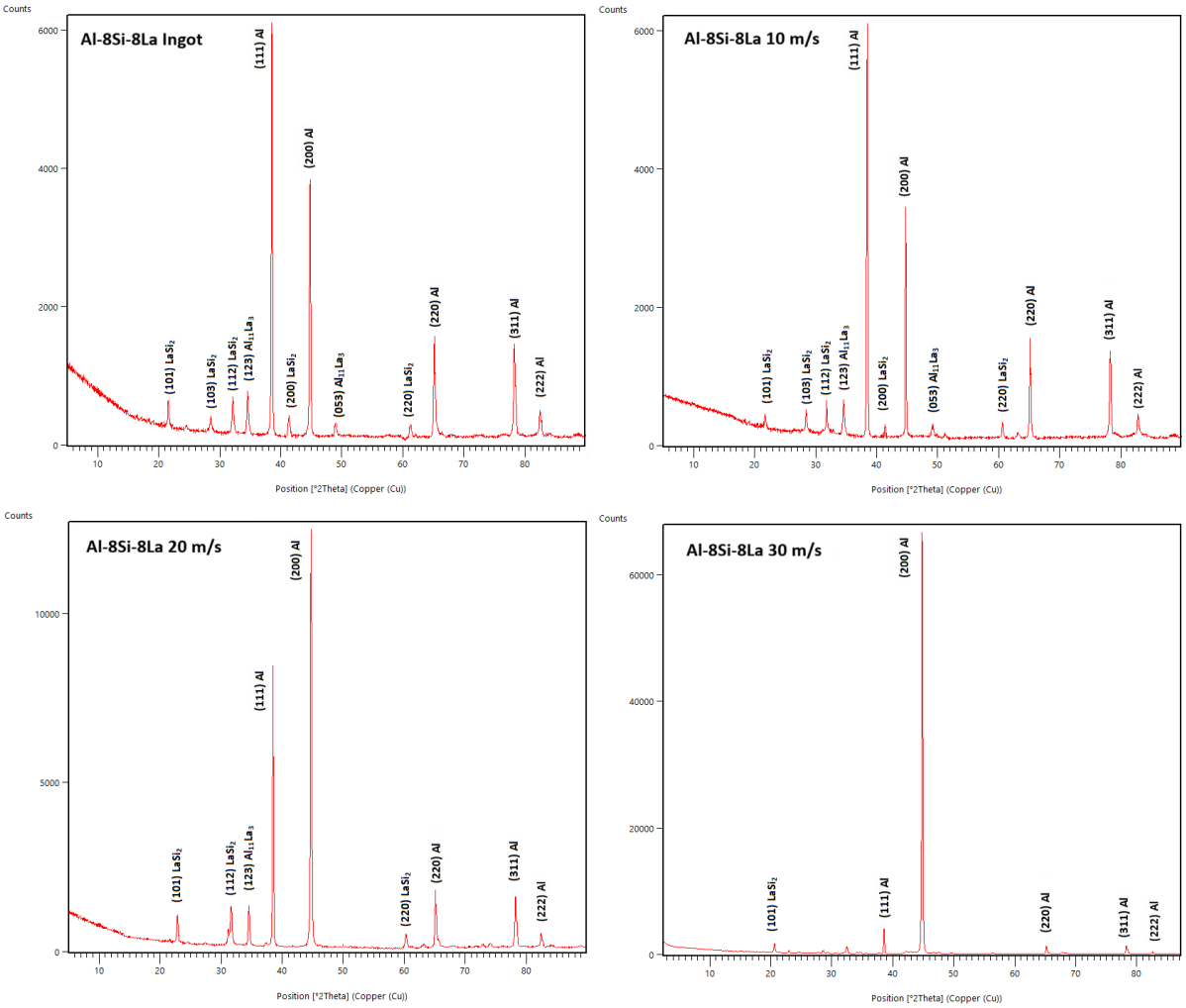
Şekil 3–5, sırasıyla Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımlarının ingot ve 10, 20 ve 30 m/s disk hızlarında hızlı katılaştırılmış durumlarına ait XRD desenlerini göstermektedir. Al-8Si alaşımında tüm koşullarda baskın fazın α-Al (Fm-3m, a ≈ 4,05 Å) olduğu, buna eşlik eden Si fazına (Fd-3m, a ≈ 5,43 Å) ait piklerin ise disk hızı arttıkça bağıl yoğunluk olarak azaldığı görülmektedir (Niu et al., 2022; Noga et al., 2023). Al-8La alaşımında, α-Al matrisi ile birlikte $Al_{11}La_3$ intermetalik fazına (Immm; a ≈ 4.40 Å, b ≈ 13.10 Å, c ≈ 10.10 Å) ait yansımalar tespit edilmiştir. Disk hızının artmasıyla birlikte intermetalik pik şiddetlerinde azalma ve belirli yansımalar için pik genişlemesinde artış gözlenmiştir. Üçlü Al-8Si-8La alaşımında ise α-Al fazına ek olarak $Al_{11}La_3$ ve $LaSi_2$ (I4₁/amd; a ≈ 4.32 Å, c ≈ 13.85 Å) fazlarının varlığı belirlenmiştir. Al–Si sistemlerinde La ilavesiyle $Al_{11}La_3$ ve $LaSi_2$ fazlarının oluşumu literatürde ayrıntılı biçimde rapor edilmiştir (Zheng et al., 2020; Wu et al., 2020; Pan & Tzeng, 2025). Disk hızının yükselmesiyle birlikte intermetalik pik şiddetlerinde azalma ve pik genişlemesinde artış eğilimi gözlenmiş olup, bu davranış hızlı katılaştırma (RS) koşullarında çok fazlı yapının mikroyapısal rafinasyonu ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 3. *XRD results for Al-10Si alloy: (a) ingot, (b) 10 m/s, (c) 20 m/s and (d) 30 m/s.*

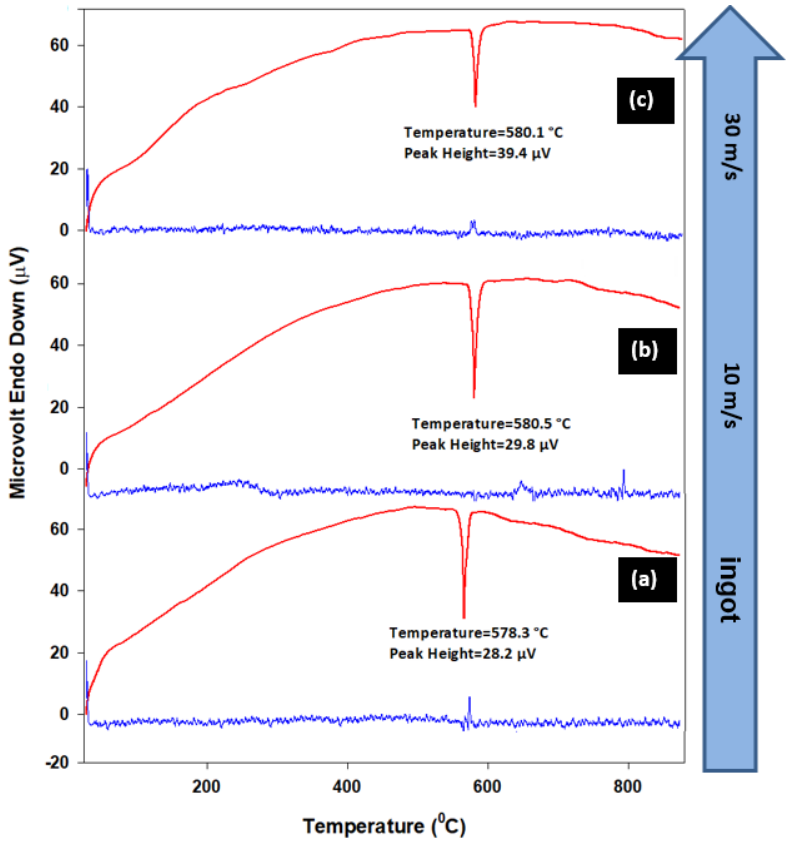


Şekil 4. *XRD results for Al-10La alloy: (a) ingot, (b) 10 m/s, (c) 20 m/s and (d) 30 m/s.*

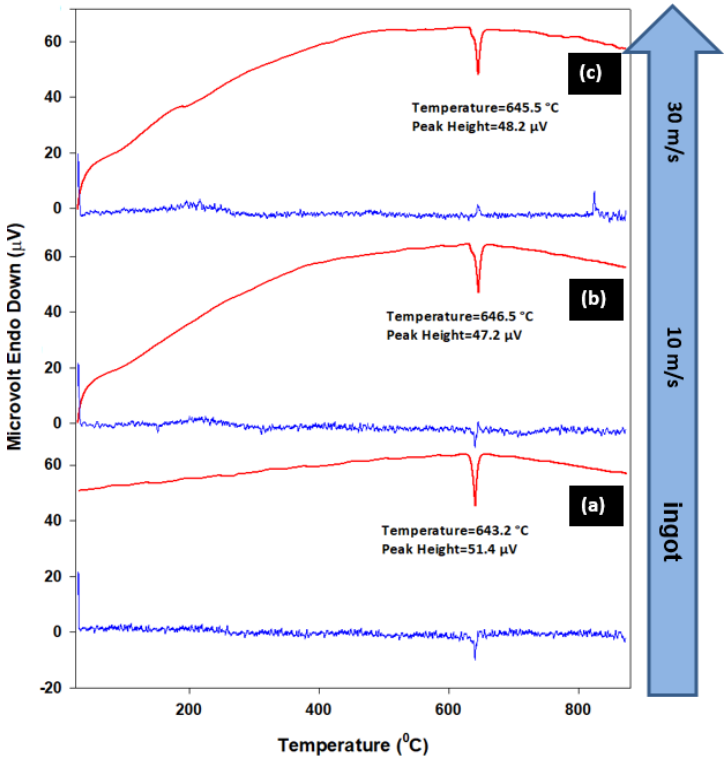


Şekil 5. *XRD results for Al-8Si-8La alloy: (a) ingot, (b) 10 m/s, (c) 20 m/s and (d) 30 m/s.*

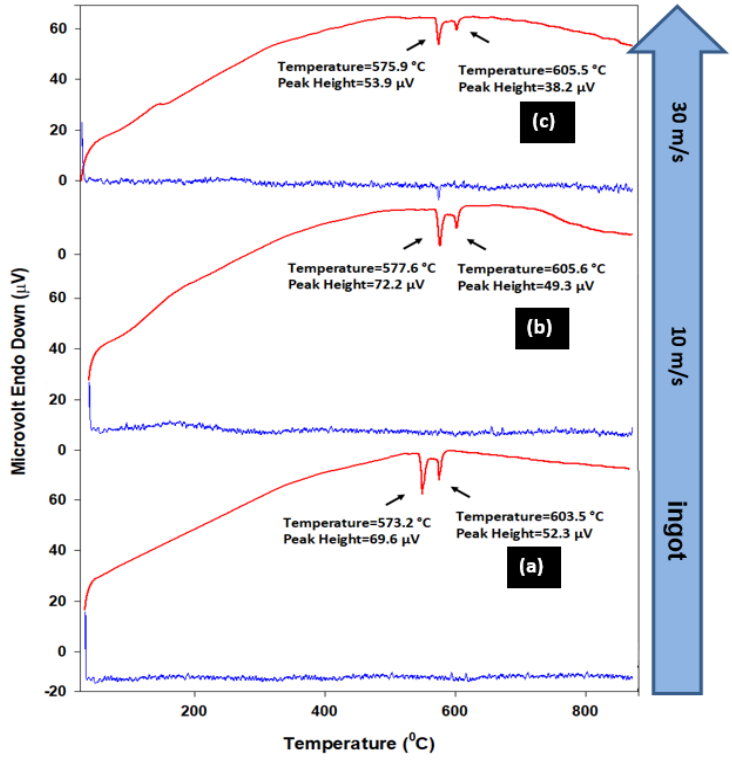
Termal Davranış ve Fiziksel Özelliklerin Analizi



Şekil 6. *DSC curves of Al-8Si alloys solidified at (a) ingot, (b) 10 and (c) 30 m/s.*



Şekil 7. *DSC curves of Al-8La alloys solidified at (a) ingot, (b) 10 and (c) 30 m/s.*



Şekil 8. *DSC curves of Al-8Si-8La alloys solidified at (a) ingot, (b) 10 and (c) 30 m/s.*

Şekil 6-8, DSC eğrileri olup; ingot ve farklı disk hızlarında (10 ve 30 m/s) üretilen Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımlarının faz dönüşüm davranışlarını ortaya koymaktadır.

Al-8Si alaşımında ≈578–581 °C aralığında gözlenen belirgin endotermik pik, ötektik Si fazının erimesine karşılık gelmektedir. Bu sıcaklık aralığı hipötektik Al–Si alaşımları için literatürde bildirilen

ötektik erime sıcaklığı ile uyumludur (Davis, 1993). Disk hızının artmasıyla pik sıcaklığında yalnızca sınırlı bir değişim gözlenmesi, faz türünün korunarak esas olarak morfolojik dönüşüm gerçekleştiğini göstermektedir. Buna karşılık 30 m/s numunesinde pik şiddetinin belirgin şekilde artması, RS altında ötektik Si morfolojisinin incelmesi ve daha homojen dağılım göstermesi ile ilişkilendirilebilir; hızlı katılaştırılmış Al–Si sistemlerinde benzer rafinasyon etkileri rapor edilmiştir (Peng et al., 2024).

Al-8La alaşımında ≈643–646 °C civarında gözlenen endotermik pik, $Al_{11}La_3$ intermetalik fazının erimesine karşılık gelmektedir. Al–RE sistemlerinde bu fazın oluşumu ve termal kararlılığı literatürde ayrıntılı biçimde ele alınmıştır (Ge et al., 2026).

Üçlü Al-8Si-8La alaşımında iki ayrı endotermik pik belirlenmiştir: ≈573–578 °C aralığındaki pik ötektik Si erimesine, ≈603–606 °C aralığındaki pik ise La içeren intermetalik fazların ($Al_{11}La_3$ ve/veya $LaSi_2$) erimesine karşılık gelmektedir. La ilavesinin Al–Si sisteminde hem Si morfolojisini hem de intermetalik faz oluşumunu değiştirdiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Ge et al., 2026).

SONUÇLAR

Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La alaşımlarında artan disk hızı, ingot yapılara kıyasla daha rafine, süreksiz ve homojen dağılmış bir ikincil faz morfolojisi oluşturmuştur. FESEM sonuçları, hızlı katılaştırmanın mikroyapısal incelme üzerinde belirgin etkili olduğunu göstermiştir. XRD analizleri, Al–8Si alaşımında α-Al ve Si fazlarını; La içeren alaşımlarda ise α-Al matrisine ek olarak $Al_{11}La_3$ ve $LaSi_2$ intermetalik fazlarının oluştuğunu doğrulamıştır. Disk hızının artmasıyla intermetalik faz piklerinde zayıflama ve pik genişlemesi gözlenmiş, bu durum faz rafinasyonu ile ilişkilendirilmiştir. DSC sonuçları, La ilavesinin Al–Si sisteminde ötektik reaksiyon sıcaklığını düşürdüğünü ve La içeren intermetalik fazlara bağlı ek termal piklerin oluşmasına neden olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, La katkısı ve hızlı katılaştırmanın Al–Si esaslı alaşımlarda faz oluşumu, mikroyapı evrimi ve termal davranışı birlikte kontrol ettiğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Chattopadhyay, K. (1992). Nanocomposites by rapid solidification route. *Bulletin of Materials Science, 15*, 515–525.

Ge, F., He, Y., Zhang, X., Behmadi, R., Sun, S., Zhu, C., ... & He, F. (2026). The effect of La and Ce on the microstructure and properties of cast AlSi alloys with high thermal conductivity. *Materials Characterization*, 116228.

Martínez-Villalobos, M. A., Figueroa, I. A., Suarez, M. A., Lara Rodríguez, G. Á., Novelo Peralta, O., González Reyes, G., López, I. A., Verduzco Martínez, J., & Díaz Trujillo, C. (2016). Microstructural evolution of rapid solidified Al-Ni alloys. *Journal of the Mexican Chemical Society, 60*(2), 67–72.

Niu, G., Wang, Y., Zhu, L., Ye, J., & Mao, J. (2022). Fluidity of casting Al–Si series alloys for automotive light-weighting: A systematic review. *Materials Science and Technology, 38*(13), 902–911.

Noga, P., Skrzekut, T., & Wędrychowicz, M. (2023). Microstructure and mechanical properties of Al-Si alloys produced by rapid solidification and hot extrusion. *Materials, 16*(15), 5223.

Pan, T. A., & Tzeng, Y. C. (2025). Impact of Sr and La modification and post-heat treatment on microstructural evolution and thermal conductivity of hypoeutectic Al-Si alloys. *Journal of Alloys and Compounds, 1032*, 181114.

Peng, Q., Zhang, Y., Yang, B., Broer, J., Springer, A., Schick, C., & Keßler, O. (2024). Continuous cooling and isothermal solidification analysis of AlSi10Mg using differential fast scanning calorimetry. *Thermochimica Acta, 733*, 179674.

Wu, X., Zhang, H., Jiang, H., Mi, Z., & Zhang, H. (2020). Multi-refinement effect of rare earth lanthanum on α-Al and eutectic Si phase in hypoeutectic Al-7Si alloy. *Metals, 10*(5), 621.

Zheng, Q., Zhang, L., Jiang, H., Zhao, J., & He, J. (2020). Effect mechanisms of micro-alloying element La on microstructure and mechanical properties of hypoeutectic Al–Si alloys. *Journal of Materials Science & Technology, 47,* 142–151.

Al-Si-La HIZLI KATILAŞTIRILMIŞ ALAŞIMLARIN MEKANİK VE ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ömer LEKESİZTAŞ [1] and Ercan KARAKÖSE [2*]

[1] *Kayseri University, Graduate Education Institute, 38039 Kayseri – Turkey*

[2] *Kayseri University, Faculty of Engineering, 38039 Kayseri, Turkey*

ÖZET/ABSTRACT

Bu araştırmada, Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La hipoötektik alaşımlarının mikrosertlik ve elektriksel iletkenlik davranışları, alaşım bileşimi ve disk hızına bağlı olarak karşılaştırmalı biçimde incelenmiştir. Numuneler ingot formunda ve 10, 20 ile 30 m/s disk hızlarında Ergitme Eğirme (MS) yöntemiyle hızlı katılaştırılarak üretilmiştir. Al–Si esaslı hafif alaşımlarda mekanik dayanımın artırılması ile elektriksel iletkenliğin korunması arasındaki denge önemli bir tasarım problemi olduğundan, hızlı katılaştırmanın bu denge üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Artan disk hızıyla birlikte daha rafine bir mikroyapı, daha homojen ikincil faz dağılımı ve süreksiz faz morfolojisi elde edilmiştir. Bu mikroyapısal değişim, özellikle tane/faz incelmesi ve La içeren intermetalik fazların etkisiyle mikrosertlik değerlerinde belirgin artış sağlamıştır. Vickers mikrosertlik değerleri ingot numunelerde 40.1–52.7 kgmm^{-2} aralığında iken, 30 m/s'de hızlı katılaştırılmış numunelerde 98.9–113.0 kgmm^{-2} aralığına yükselmiş; bu artış ingot durumuna göre yaklaşık %114–147 düzeyinde iyileşmeye karşılık gelmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri ise sıcaklık artışıyla azalma eğilimi göstermiştir. 25 °C'de, disk hızının 10 m/s'den 30 m/s'ye yükselmesiyle iletkenlik değerleri Al–8Si için 0.205'ten 0.187'ye, Al–8La için 0.241'den 0.234'e ve Al–8Si–8La için 0.173'ten 0.170'e düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Rapid solidification; Melt spinning; Al–Si–La hypoeutectic alloys; Electrical conductivity*

GİRİŞ

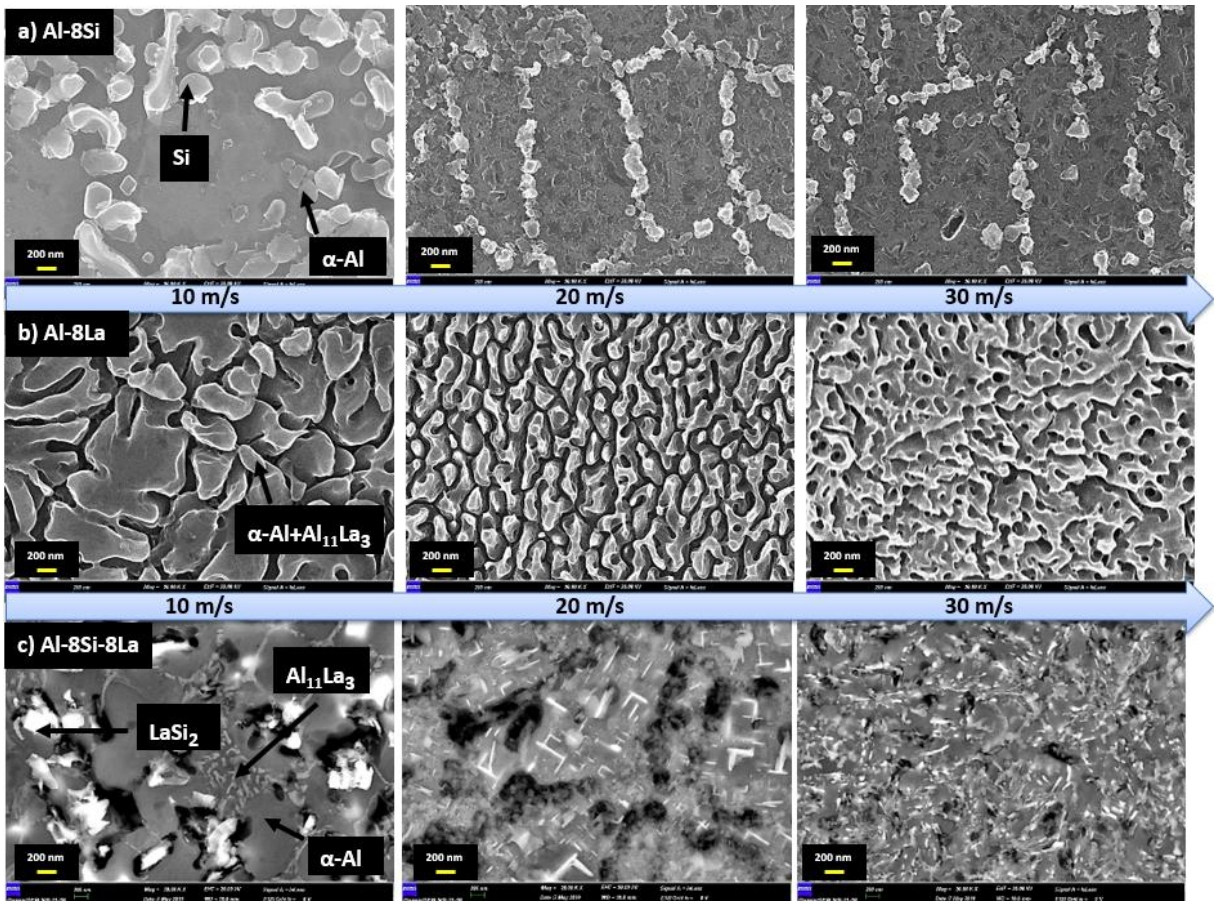
Al esaslı hafif alaşımlarda mühendislik performansı, yalnızca düşük yoğunluk ve üretilebilirlik gibi temel avantajlarla değil, mekanik dayanım ile fonksiyonel özellikler arasındaki dengeyle de belirlenmektedir. Al-Si alaşımları bu açıdan, iyi dökülebilirlikleri ve aşınma dirençleri sayesinde otomotiv ve havacılık uygulamalarında yaygın kullanılan sistemler arasında yer almaktadır (Niu et al., 2022). Bunun ile, geleneksel katılaşma koşullarında gelişen kaba Si fazları ve kontrolsüz intermetalik yapılar, yük taşıma kapasitesi, sertlik ve fonksiyonel özellikler üzerinde sınırlayıcı etki gösterebilmektedir. Bu nedenle Al-Si alaşımlarında mikroyapının yalnızca morfolojik açıdan değil, doğrudan özellik tepkileriyle ilişkili olarak da yeniden tasarlanması gerekmektedir (Niu et al., 2022; Noga et al., 2023; Dill et al., 1994; Kim et al., 1991; Martínez-Villalobos et al., 2016). Bu kapsamda La katkısı, Al-Si alaşımlarında hem mikroyapısal modifikasyon hem de özellik kontrolü açısından dikkate değer bir alaşımlama yaklaşımıdır. La ilavesinin α-Al matrisinde tane incelmesini destekleyebildiği, ötektik Si'nin büyüme karakterini değiştirebildiği ve Si fazını daha ince bir morfolojiye yönlendirebildiği bildirilmektedir (Zheng et al., 2020; Wu et al., 2020). Bu tür mikroyapısal değişimler, alaşımın mikrosertlik değerlerinde artış sağlayabilecek faz sınırı yoğunluğu, tane incelmesi ve ikincil faz dağılımı gibi mekanizmalarla ilişkilendirilebilir. Ancak aynı değişimler, elektriksel iletkenlik açısından her zaman olumlu sonuç üretmeyebilir. Al bazlı alaşımlarda mekanik güçlenme ile elektriksel iletkenlik arasında çoğu zaman bir ödünleşim bulunmaktadır. Tane sınırlarının artması, çözünen atomların matris içerisindeki varlığı ve ince ikincil fazların çoğalması sertlik artışına katkı sağlarken, elektronların hareketini engelleyen saçılma merkezlerinin sayısını da artırabilmektedir. Bu durum, mikrosertlik ve elektriksel iletkenliğin birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla Al-Si-La alaşımlarında temel sorun, yalnızca daha yüksek sertlik elde etmek değil; disk hızına ve alaşım bileşimine bağlı olarak sertlik–iletkenlik dengesinin nasıl değiştiğini ortaya koymaktır (Pan & Tzeng, 2025; Lunn & Apelian, 2025).

Hızlı katılaştırma, bu dengeyi kontrol etmek için etkili bir üretim yaklaşımı sunmaktadır. Ergitme eğirme yönteminde artan disk hızı, soğutma hızını ve katılaşma koşullarını değiştirerek tane boyutu, faz dağılımı ve mikroyapısal süreksizlik düzeyi üzerinde belirleyici olabilmektedir (Martínez-Villalobos et al., 2016; Chattopadhyay, 1992). Bu yapısal değişimler ise mikrosertlik ve elektriksel iletkenlik değerlerine doğrudan yansımaktadır. Bu nedenle hızlı katılaştırılmış Al-Si-La alaşımlarında işlem parametresi–mikroyapı–özellik ilişkisini birlikte değerlendirmek, mekanik ve fonksiyonel performansın optimize edilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımları 10, 20 ve 30 m/s disk hızlarında ergitme eğirme yöntemiyle üretilmiş; alaşım bileşiminin ve disk hızının mikrosertlik ile elektriksel iletkenlik üzerindeki etkileri incelenmiştir. La katkılı Al-Si alaşımlarına ilişkin mevcut çalışmalar ağırlıklı olarak döküm koşullarındaki modifikasyon davranışına odaklanırken, hızlı katılaştırma koşullarında aynı bileşimlerin sertlik–iletkenlik dengesi bakımından karşılaştırmalı değerlendirilmesi sınırlıdır (Zheng et al., 2020; Wu et al., 2020; Pan & Tzeng, 2025). Bu çalışma, Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımlarında disk hızına bağlı mikroyapısal rafinasyonun mekanik ve elektriksel özelliklere etkisini ortaya koyarak, RS tabanlı Al-Si-La sistemleri için yapı–özellik odaklı bir optimizasyon yaklaşımı sunmayı hedeflemektedir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

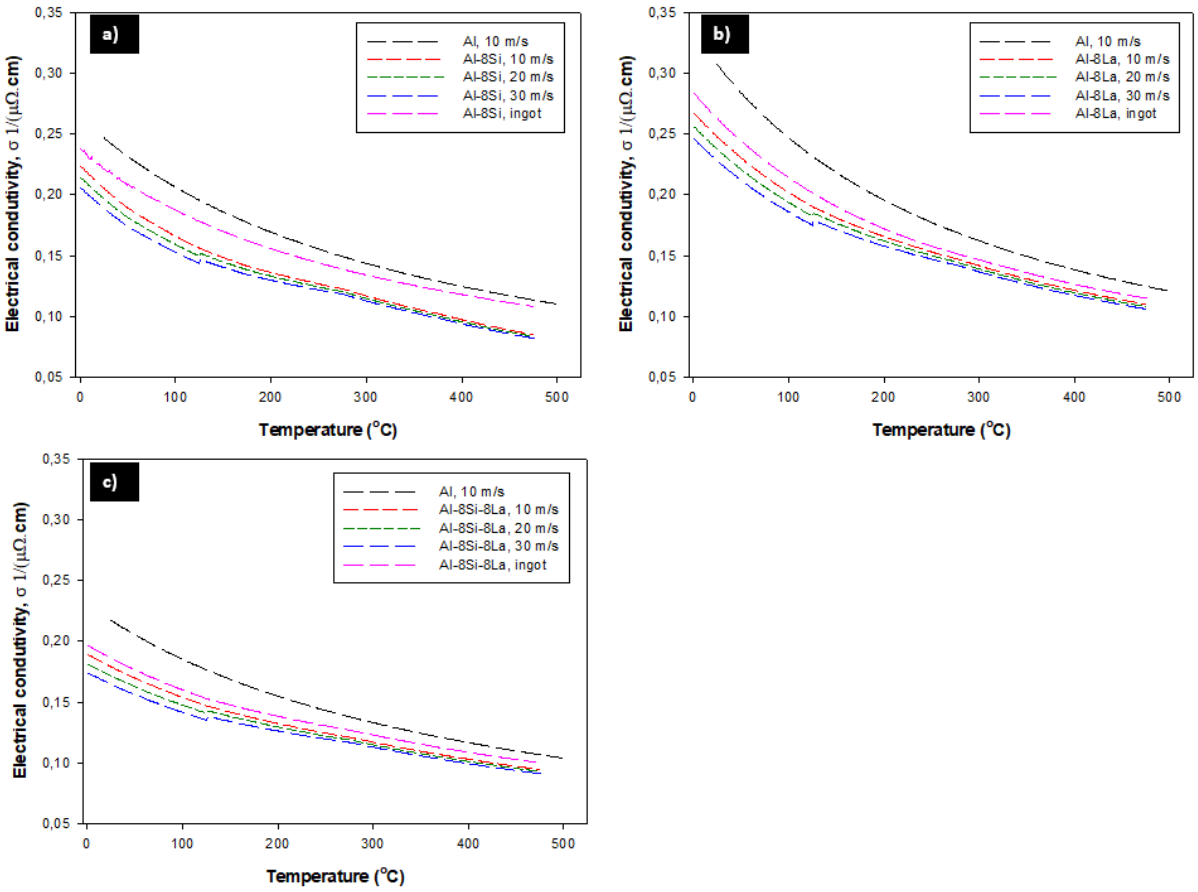
Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La alaşımları ağırlıkça yüzde nominal bileşimlerde, %99,99 saflıkta Al, Si ve La elementleri kullanılarak hazırlanmıştır. Ergitme işlemleri vakumlu indüksiyon fırınında inert/koruyucu atmosfer altında yapılmış; ingot numuneler kalıba döküm yöntemiyle üretilmiştir. Hızlı katılaştırılmış şeritler, tek silindirli Ergitme Eğirme (MS) yöntemiyle oda sıcaklığında ve inert atmosfer altında 10, 20 ve 30 m/s disk hızlarında elde edilmiştir. Disk hızı, mikroyapısal rafinasyon düzeyini ve buna bağlı mekanik/elektriksel özellikleri etkileyen temel işlem parametresi olarak değerlendirilmiştir. Şeritlerin tipik kalınlık/genişlik aralığı yaklaşık 1–3 μm / 5–7 mm'dir. Mikrosertlik ölçümleri Emco-Test Durascan 70 cihazında Vickers yöntemiyle, HV0.1 yük ve 10 s bekletme süresi altında gerçekleştirilmiştir. Her numunede farklı bölgelerden en az 10 ölçüm alınarak ortalama değerler hesaplanmıştır. Elektriksel özellikler dört uçlu DC ölçüm sistemiyle belirlenmiş; özdirenç değerleri numune geometrisi ve voltaj/akım verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Elektriksel iletkenlik değerleri ise $\sigma = 1/\rho$ bağıntısı ile raporlanmıştır.

TARTIŞMALAR



Şekil 1. *FESEM images of (a) Al-8Si, (b) Al-8La, and (c) Al-8Si-8La alloys solidified at 10, 20, and 30 m/s.*

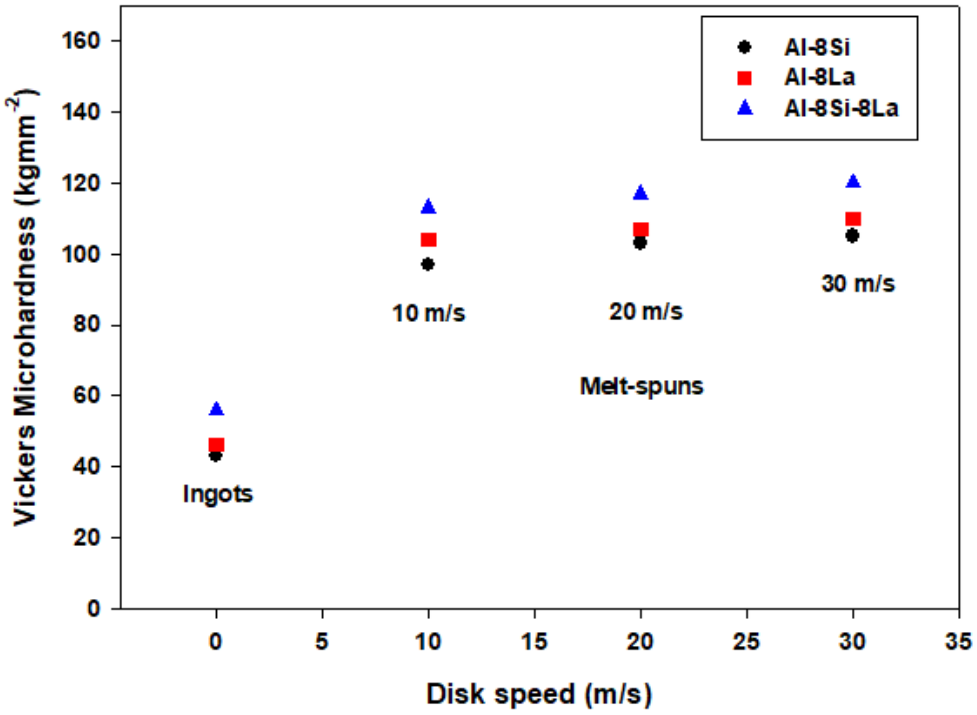
Şekil 1(a–c), 10, 20 ve 30 m/s disk hızlarında hızlı katılaştırılmış Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La alaşımlarının FESEM görüntülerini göstermektedir. Disk hızının artmasıyla tüm alaşım gruplarında mikroyapının belirgin biçimde inceldiği, ikincil fazların daha ayrık ve homojen dağıldığı görülmektedir. Al–8Si alaşımında ötektik Si ağı parçalanarak daha ince bir morfoloji kazanırken, Al–8La ve Al–8Si–8La alaşımlarında La içeren intermetalik fazların boyutu küçülmüş ve dağılımı daha düzenli hâle gelmiştir. Bu mikroyapısal rafinasyon, hızlı katılaştırma koşullarında difüzyon kontrollü büyümenin baskılanması ve çekirdeklenme yoğunluğunun artmasıyla ilişkilendirilebilir.



Şekil 2. *Electrical conductivity graphs of pure Al at 10 m/s and (a) Al-8Si, (b) Al-8La and (c) Al-8Si-8La ingot and melt-spun alloys at 10, 20 and 30 m/s, respectively.*

Şekil 2'de saf Al, Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımlarının farklı katılaşma koşullarında elde edilen numuneleri için sıcaklığa bağlı elektriksel iletkenlik davranışları gösterilmektedir. Tüm alaşımlarda sıcaklığın artmasıyla birlikte elektriksel iletkenlik değerlerinin düzenli olarak azaldığı görülmektedir. Bu davranış, sıcaklık arttıkça kristal örgü titreşimlerinin (fononların) artması ve buna bağlı olarak elektron-fonon saçılmasının güçlenmesi ile açıklanmaktadır. (Yan et al., 2026; Kasap et al., 2017). İngot ve hızlı katılaştırılmış numuneler karşılaştırıldığında, hızlı katılaştırılmış alaşımların genel olarak daha düşük elektriksel iletkenlik değerleri gösterdiği görülmektedir. Bu durum, artan disk hızıyla birlikte mikroyapının incelmesi, faz sınırı yoğunluğunun artması ve Al matrisi içinde elektron saçılma merkezlerinin çoğalmasıyla ilişkilidir. Başka bir ifadeyle hızlı katılaştırma, mikroyapıyı rafine ederken elektriksel taşınımı kısmen sınırlandırmaktadır (Jones, 2001; Inoue, 2000). Al–Si alaşımında, elektriksel iletkenlikteki düşüş temel olarak ötektik Si fazının varlığıyla açıklanabilir. Si fazı, Al matrisinden farklı elektriksel özelliklere sahip olduğundan elektron hareketini zorlaştırmakta ve faz sınırlarında saçılmayı artırmaktadır. Disk hızının artmasıyla Si fazının daha ince ve dağılmış hâle gelmesi, saçılma merkezlerinin sayısını artırarak iletkenlikte sınırlı bir azalmaya neden olmaktadır. Al–La alaşımında, iletkenlik davranışı büyük ölçüde $Al_{11}La_3$ intermetalik fazının oluşumuyla ilişkilidir. Bu faz, Al matrisiyle kristal yapı ve elektronik özellikler bakımından farklılık gösterdiğinden elektron taşınımında ek direnç oluşturmaktadır. La içeren intermetalik fazların Al alaşımlarında elektriksel iletkenliği etkileyebildiği literatürde de bildirilmektedir (Mondolfo, 2013; Lin et al., 2024). Al–Si–La alaşımında ise iletkenliğin daha düşük değerlere yönelmesi, Si fazı ile $Al_{11}La_3$ ve $LaSi_2$ intermetaliklerinin birlikte bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu çok fazlı yapı, Al matrisi içinde heterojen faz sınırı yoğunluğunu artırmakta ve elektron saçılmasını güçlendirmektedir. Özellikle $LaSi_2$ fazının oluşumu, Si ve La arasındaki etkileşimin elektriksel taşınım üzerindeki belirgin etkisini göstermektedir. Bu nedenle üçlü

alaşımda mikroyapısal rafinasyon daha belirgin olmakla birlikte, elektriksel iletkenlik ikili alaşımlara göre daha sınırlı kalmaktadır.



Şekil 3. *Vickers microhardness graph of Al-8Si, Al-8La and Al-8Si-8La ingot and melt-spun alloys.*

Şekil 3'de Al-8Si, Al-8La ve Al-8Si-8La alaşımlarının ingot ve farklı disk hızlarında (10, 20 ve 30 m/s) hızlı katılaştırma yöntemiyle üretilen numunelerine ait Vickers mikrosertlik değerleri gösterilmektedir. Tüm alaşım sistemlerinde disk hızının artmasıyla birlikte mikrosertlik değerlerinde belirgin bir artış eğilimi gözlenmektedir. Bu durum hızlı katılaştırma sürecinde artan soğuma hızının mikroyapı üzerinde oluşturduğu rafinasyon etkisi ile ilişkilidir. Yüksek soğuma hızları katılaşma kinetiğini değiştirerek fazların daha ince boyutlarda oluşmasına ve mikroyapı içerisinde daha homojen bir şekilde dağılmasına neden olmaktadır. Hızlı katılaştırılmış Al esaslı alaşımlarda mikroyapı rafinasyonunun mekanik özellikleri önemli ölçüde iyileştirdiği çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Lin et al., 2017; Dash & Chen, 2023; Nikanorov et al., 2019).

SONUÇLAR

Bu çalışmada, Al–8Si, Al–8La ve Al–8Si–8La alaşımları ingot ve farklı disk hızlarında hızlı katılaştırılmış şerit formlarında üretilmiş; disk hızının mikrosertlik ve elektriksel iletkenlik üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Artan disk hızıyla birlikte mikroyapıda belirgin rafinasyon meydana gelmiş; ikincil fazların daha ince, ayrık ve homojen dağılması sonucunda Vickers mikrosertlik değerleri tüm alaşım sistemlerinde artmıştır. Elektriksel iletkenlik değerleri sıcaklık artışıyla azalmış; hızlı katılaştırılmış numunelerde artan faz sınırı yoğunluğu, Si fazı ve La içeren intermetaliklerin oluşturduğu elektron saçılma merkezleri nedeniyle iletkenlik ingot numunelere göre daha düşük değerler göstermiştir.

KAYNAKLAR

Chattopadhyay, K. (1992). Nanocomposites by rapid solidification route. *Bulletin of Materials Science, 15,* 515–525.

Dash, S. S., & Chen, D. (2023). A review on processing–microstructure–property relationships of Al-Si alloys: Recent advances in deformation behavior. *Metals, 13*(3), 609.

Dill, B., Li, Y., Al-Khafaji, M., Rainforth, W. M., Buckley, R. A., & Jones, H. (1994). Structure, properties and response to heat treatment of melt-spun Al-Y and Al-La alloys. *Journal of Materials Science, 29*, 3913–3918.

Inoue, A. (2000). Stabilization of metallic supercooled liquid and bulk amorphous alloys. *Acta Materialia, 48*(1), 279–306.

Jones, H. (2001). A perspective on the development of rapid solidification and nonequilibrium processing and its future. *Materials Science and Engineering: A, 304*, 11–19.

Kasap, S., Koughia, C., & Ruda, H. E. (2017). Electrical conduction in metals and semiconductors. In *Springer handbook of electronic and photonic materials*. Springer.

Kim, Y.-H., Inoue, A., & Masumoto, T. (1991). Increase in mechanical strength of Al–Y–Ni amorphous alloys by dispersion of nanoscale fcc-Al particles. *Materials Transactions, JIM, 32*, 331–338.

Lin, G., Li, L., Guo, Z., Jia, X., Wang, X., Yuan, Z., et al. (2024). Influence of cerium and yttrium addition on strength and electrical conductivity of pure aluminum alloys. *Journal of Rare Earths, 42*(3), 600–611.

Lin, Y., Mao, S., Yan, Z., Zhang, Y., & Wang, L. (2017). The enhanced microhardness in a rapidly solidified Al alloy. *Materials Science and Engineering: A, 692*, 182–191.

Lunn, K. F., & Apelian, D. (2025). Thermal and electrical conductivity of aluminum alloys: Fundamentals, structure-property relationships, and pathways to enhance conductivity. *Materials Science and Engineering: A, 924*, 147766.

Martínez-Villalobos, M. A., Figueroa, I. A., Suarez, M. A., Lara Rodríguez, G. Á., Novelo Peralta, O., González Reyes, G., López, I. A., Verduzco Martínez, J., & Díaz Trujillo, C. (2016). Microstructural evolution of rapid solidified Al-Ni alloys. *Journal of the Mexican Chemical Society, 60*(2), 67–72.

Mondolfo, L. F. (2013). *Aluminum alloys: Structure and properties*. Elsevier.

Nikanorov, S. P., Osipov, V. N., & Regel, L. I. (2019). Structural and mechanical properties of directionally solidified Al-Si alloys. *Journal of Materials Engineering and Performance, 28*(12), 7302–7323.

Niu, G., Wang, Y., Zhu, L., Ye, J., & Mao, J. (2022). Fluidity of casting Al–Si series alloys for automotive light-weighting: A systematic review. *Materials Science and Technology, 38*(13), 902–911.

Noga, P., Skrzekut, T., & Wędrychowicz, M. (2023). Microstructure and mechanical properties of Al-Si alloys produced by rapid solidification and hot extrusion. *Materials, 16*(15), 5223.

Pan, T. A., & Tzeng, Y. C. (2025). Impact of Sr and La modification and post-heat treatment on microstructural evolution and thermal conductivity of hypoeutectic Al-Si alloys. *Journal of Alloys and Compounds, 1032*, 181114.

Wu, X., Zhang, H., Jiang, H., Mi, Z., & Zhang, H. (2020). Multi-refinement effect of rare earth lanthanum on α-Al and eutectic Si phase in hypoeutectic Al-7Si alloy. *Metals, 10*(5), 621.

Yan, S., Gao, R., Hu, S., Ouyang, R., & Wang, Y. (2026). The role of electron-phonon interactions on the electrical transport properties of metal interconnects. *Computational Materials Science, 267*, 114605.

Zheng, Q., Zhang, L., Jiang, H., Zhao, J., & He, J. (2020). Effect mechanisms of micro-alloying element La on microstructure and mechanical properties of hypoeutectic Al–Si alloys. *Journal of Materials Science & Technology, 47*, 142–151.

DEVELOPMENT OF A NATURAL BIOINDICATOR FROM POMEGRANATE PEELS FOR SUSTAINABLE pH DETECTION

Dovletova Shirinjemal,

Oguz han Engineering and technology university of Turkmenistan, Department of Ecology and Ecologic technologies

Melebayeva Oguljennet

Oguz han Engineering and technology university of Turkmenistan, Department of Ecology and Ecologic technologies

ABSTRACT

The increasing environmental impact of synthetic chemicals has accelerated the search for eco-friendly and biodegradable alternatives in laboratory and analytical applications. This study focuses on the development of a natural bio-indicator produced from pomegranate peels, an agricultural waste material rich in anthocyanins and polyphenolic compounds. The bio-indicator was prepared using a simple aqueous extraction method without toxic solvents or complicated processing techniques. The obtained extract demonstrated clear color variations under different pH conditions, changing from reddish-yellow in acidic media to dark brown and greenish tones in alkaline environments. The natural indicator exhibited rapid response behavior, good sensitivity, and full biodegradability under natural conditions. In addition, the utilization of pomegranate peel waste contributes to sustainable waste management and circular economy practices. The developed bio-indicator provides a low-cost, safe, and environmentally compatible alternative to conventional synthetic indicators and shows potential applications in educational laboratories, environmental monitoring, and sustainable analytical systems.

Keywords: Bioindicator, Pomegranate peel, Anthocyanins, Natural pigments, Agricultural waste, Green chemistry, Sustainable materials, pH-sensitive compounds.

INTRODUCTION

The extensive use of synthetic chemicals in modern laboratories has significantly contributed to environmental pollution and hazardous waste generation. Conventional acid–base indicators such as phenolphthalein and methyl orange are widely used for analytical purposes; however, their production and disposal may involve toxic substances harmful to both human health and ecosystems (9). Consequently, scientific attention has increasingly shifted toward the development of natural and biodegradable alternatives based on renewable resources.

Natural bio-indicators extracted from plants have emerged as promising substitutes for synthetic indicators due to their non-toxic nature, biodegradability, and environmental compatibility. Many plant materials contain pigments that respond visibly to pH variations through structural transformations of their chemical compounds. Among these pigments, anthocyanins are particularly important because they exhibit distinct color changes depending on acidic or alkaline conditions (1).

Pomegranate (Punica granatum) is widely cultivated in many regions of the world and generates substantial quantities of peel waste during juice and food processing operations. Although commonly discarded, pomegranate peels are rich in anthocyanins, tannins, flavonoids, and other polyphenolic substances with strong antioxidant and colorimetric properties (2,3). The reuse of such agricultural waste materials not only reduces environmental burdens but also creates opportunities for sustainable material innovation.

Several studies have investigated natural indicators derived from red cabbage, hibiscus flowers, and berry extracts. However, research concerning pomegranate peel-based indicators remains comparatively limited despite the high concentration of bioactive compounds found in the peel fraction. Furthermore,

many previously reported extraction techniques require expensive solvents or sophisticated laboratory equipment, limiting their accessibility in low-resource settings.

This study aims to develop a sustainable bio-indicator from pomegranate peels using a simple and low-cost extraction method. The research evaluates the pH sensitivity, color response, stability, and environmental compatibility of the prepared extract. The outcomes contribute to green chemistry approaches and demonstrate the potential of agricultural waste valorization in producing eco-friendly analytical materials.

LITERATURE REVIEW

Environmental concerns associated with synthetic chemicals have encouraged the scientific community to explore biodegradable and renewable alternatives for industrial and laboratory applications. Green chemistry principles emphasize minimizing hazardous substances while promoting sustainable material usage (9). In this context, naturally derived indicators have gained considerable attention because of their low toxicity and biodegradability.

Anthocyanins are water-soluble pigments commonly found in fruits, flowers, and vegetables. These compounds are highly sensitive to pH variations due to reversible structural transformations occurring in acidic and alkaline environments. Giusti and Wrolstad (2003) reported that anthocyanins exhibit red coloration under acidic conditions and gradually shift toward blue and green shades in alkaline media (1). This property enables their use as natural pH indicators.

Pomegranate peels represent a valuable source of anthocyanins and phenolic compounds. According to Singh et al. (2018), pomegranate peel contains higher antioxidant activity and polyphenol concentrations than the edible fruit portion itself (3). Additional research demonstrated antimicrobial and antioxidant activities of pomegranate peel extracts, further supporting their multifunctional potential in sustainable material applications (4).

Recent studies have focused on the incorporation of natural pigments into biodegradable films and smart packaging systems capable of monitoring food freshness and environmental conditions (5,6). Agricultural waste materials have become especially attractive due to their abundance, low cost, and contribution to circular economy strategies.

Despite significant progress in natural indicator development, many existing systems rely on complex extraction processes involving organic solvents or industrial equipment. Therefore, there remains a need for simple, low-cost, and environmentally friendly extraction methods suitable for educational and small-scale applications. The present research addresses this gap by producing a bio-indicator from pomegranate peels using an accessible water-based extraction technique.

MATERIALS AND METHODS

Materials

The primary raw material used in this study was pomegranate peel collected from locally available pomegranate fruits. Distilled water served as the extraction solvent because of its environmental safety and availability. Hydrochloric acid (HCl), sodium hydroxide (NaOH), vinegar, baking soda solution, soap solution, and lemon juice were used for pH analysis.

Preparation of Pomegranate Peel Powder

Fresh pomegranate peels were washed thoroughly with distilled water to remove dirt and impurities. The peels were then dried at room temperature for five days until complete moisture removal was achieved. After drying, the peels were crushed and ground into fine powder using a laboratory grinder.

Extraction Procedure

Twenty grams of pomegranate peel powder were mixed with 200 mL of distilled water in a glass beaker. The mixture was heated at 70°C for approximately 30 minutes under continuous stirring to facilitate pigment extraction. After heating, the solution was filtered using filter paper to remove solid residues and obtain a clear reddish-brown extract rich in natural pigments.

The prepared extract was cooled to room temperature and stored in sealed glass containers at 4°C for further analysis.

Figure 1. *Process of mixing*

Bioindicator Testing

The pH sensitivity of the extract was evaluated using various acidic, neutral, and alkaline solutions. A few drops of pomegranate peel extract were added to each test solution, and color changes were visually observed and recorded.

Figure 2. *Bioindicator testing in exhibition center*

RESULTS AND DISCUSSION

Color Transformation Properties

The pomegranate peel extract demonstrated distinct color transitions in response to pH variations. Under acidic conditions, the indicator displayed reddish-yellow and orange shades, while neutral solutions produced brown coloration. In alkaline media, the extract gradually shifted toward dark brown and greenish tones.

These color transformations are associated with structural changes in anthocyanin molecules triggered by hydrogen ion concentration differences. The results confirm the effectiveness of pomegranate peel extract as a natural pH-sensitive bio-indicator.

Response Time and Sensitivity

The developed indicator exhibited rapid response characteristics, with visible color changes occurring within seconds after contact with test solutions. The sensitivity of the extract was sufficient for clear differentiation between acidic and alkaline conditions.

Compared to conventional synthetic indicators, the natural extract offers safer handling conditions and reduces exposure to hazardous chemicals. Although the sharpness of color transitions may be slightly lower than commercial indicators, the environmental advantages make the natural indicator highly attractive for sustainable laboratory applications.

Stability Analysis

Storage studies revealed that refrigerated samples maintained acceptable color stability for approximately two weeks, whereas room-temperature samples experienced gradual pigment degradation after several days. Exposure to light and oxygen accelerated color fading due to anthocyanin oxidation reactions.

These observations suggest that low-temperature storage conditions improve the shelf life and performance stability of the bio-indicator.

Sustainability and Environmental Impact

The production process requires inexpensive materials, minimal energy consumption, and no toxic solvents. Since pomegranate peels are commonly discarded as agricultural waste, their utilization contributes to waste reduction and resource recovery strategies.

Furthermore, the extract is biodegradable and environmentally safe, generating no harmful residues after disposal. The developed bio-indicator therefore supports green chemistry principles and sustainable educational practices while promoting circular economy concepts.

CONCLUSION

This study successfully developed a natural bio-indicator from pomegranate peels using a simple and environmentally friendly extraction method. The obtained extract exhibited clear pH-sensitive color changes due to the presence of anthocyanins and polyphenolic compounds naturally found in pomegranate peel biomass.

The prepared indicator demonstrated rapid response behavior, biodegradability, low production cost, and environmental compatibility, making it a promising alternative to conventional synthetic indicators. In addition, the research highlights the importance of agricultural waste valorization in sustainable material development.

Future investigations may focus on improving pigment stability, incorporating the indicator into biodegradable films, and expanding its applications in smart packaging and environmental sensing technologies.

REFERENCES

1. Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Anthocyanins: Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry.

2. Jaiswal, V., DerMarderosian, A., & Porter, J. R. (2010). Anthocyanins and polyphenol oxidase from dried arils of pomegranate. Food Chemistry, 118(1), 11–16.

3. Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2018). Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate peel. Food Research International, 44(7), 1925–1934.

4. Pagliarulo, C., De Vito, V., Picariello, G., Colicchio, R., Pastore, G., & Salvatore, P. (2016). Inhibitory effect of pomegranate peel extract on bacterial growth. Food Chemistry, 190, 824–831.

5. Sharif, N., Khoshnoudi-Nia, S., & Jafari, S. M. (2017). Development of bio-based intelligent packaging materials containing natural indicators. Trends in Food Science & Technology, 65, 86–96.

6. Prietto, L., Mirapalhete, T. C., Pinto, V. Z., Hoffmann, J. F., & Vanier, N. L. (2017). pH-sensitive films containing anthocyanins extracted from agricultural residues. Food Hydrocolloids, 65, 333–340.

7. Kaderides, K., Papaoikonomou, L., Serafim, M., & Goula, A. M. (2015). Microwave-assisted extraction of phenolics from pomegranate peels. Food Chemistry, 176, 92–98.

8. Pavia, D. L., Lampman, G. M., & Kriz, G. S. (2015). Introduction to Organic Laboratory Techniques: A Microscale Approach. Cengage Learning.

9. Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press.

10. Spierling, S., Röttger, C., Venkatachalam, V., Mudersbach, M., Herrmann, C., & Endres, H. J. (2018). Bio-based plastics and circular economy perspectives. Procedia CIRP, 69, 573–578.

SUSTAINABLE FABRICATION OF A NATURAL POLYMER-BASED BIOPLASTIC USING AGAR, GELATIN, AND GLYCERIN: A LOW-COST APPROACH TO ECO-FRIENDLY MATERIAL DESIGN

Dovletova Shirinjemal,

Oguz han Engineering and technology university of Turkmenistan, Department of Ecology and Ecologic technologies

Yuldashov Bahadir

Oguz han Engineering and technology university of Turkmenistan, Department of Ecology and Ecologic technologies

ABSTRACT

The growing accumulation of petroleum-based plastics has intensified the need for sustainable, biodegradable alternatives. This study introduces a novel bioplastic formulated from agar agar, gelatin, and glycerin—natural, renewable materials processed through a simple and low-cost method. The composition leverages agar's structural strength, gelatin's elasticity, and glycerin's plasticizing effect to achieve an optimal balance of flexibility and durability. Experimental analyses indicate that the material forms uniform, translucent films with good mechanical performance and complete biodegradation within 4–8 weeks under soil conditions. Water solubility tests confirm its high environmental compatibility and safe decomposition without toxic residues. The production process requires no specialized equipment, enabling practical implementation for educational, packaging, and eco-design applications. This research demonstrates an accessible and sustainable approach to bioplastic fabrication, offering a viable pathway toward reducing dependence on conventional plastics and supporting global circular economy goals.

Keywords: Bioplastic, Agar agar, Gelatin, Glycerin, Biodegradability, Sustainable materials, Eco-friendly polymers, Circular economy.

INTRODUCTION

Plastics have become indispensable to modern society, serving critical roles in packaging, medicine, construction, and technology. However, the same characteristics that make them versatile—durability, chemical resistance, and low production cost—have also rendered them one of the most persistent pollutants in the environment. Over 400 million tons of plastic are produced annually, yet less than 10% is effectively recycled. The remainder accumulates in landfills and aquatic ecosystems, fragmenting into microplastics that contaminate soil, water, and food chains. These particles have been detected in marine organisms, drinking water, and even human tissues, posing significant ecological and health concerns. The persistence of synthetic polymers, derived primarily from non-renewable fossil fuels, further exacerbates carbon emissions and resource depletion, making the plastic crisis a defining environmental challenge of the 21st century.

In response, global scientific efforts have increasingly turned toward bioplastics—materials derived from renewable biological sources capable of partial or complete biodegradation. While bioplastics such as polylactic acid (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHA) represent important advancements, their industrial synthesis often involves complex fermentation processes, costly feedstocks, or the need for specialized composting facilities. Consequently, large-scale adoption remains constrained, particularly in regions lacking advanced waste management infrastructure. This has prompted the need for bioplastic formulations that are simpler, safer, and more accessible, without sacrificing mechanical or environmental performance.

Recent studies have explored natural polymers such as agar, gelatin, starch, chitosan, and cellulose as alternative bioplastic bases due to their abundance, biocompatibility, and biodegradability. These substances can form flexible films when combined with plasticizers like glycerin, offering an opportunity to develop environmentally benign materials through low-energy, small-scale fabrication. Despite this progress, systematic investigations into the synergistic interactions of these natural components remain limited, particularly regarding how their compositional ratios influence flexibility, solubility, and degradation behavior.

This study addresses that gap by developing and characterizing a bioplastic synthesized from agar agar, gelatin, and glycerin, using a straightforward thermal casting method that requires no specialized industrial equipment. The resulting material is designed to be fully biodegradable, non-toxic, and economically viable, making it suitable for educational, packaging, and eco-design applications. Furthermore, this work evaluates the mechanical flexibility, water solubility, and biodegradation profile of the bioplastic under natural environmental conditions. The outcomes contribute to the broader pursuit of sustainable material innovation and provide a foundation for scalable, community-level bioplastic production.

LITERATURE REVIEW

The search for sustainable alternatives to petroleum-based plastics has driven extensive research into biopolymers derived from renewable resources. Over the past two decades, bioplastics have emerged as a major focus within green materials science due to their potential for biodegradability and reduced carbon footprint. According to Pilla (2011) and Klodzinska (2020), bioplastics can be broadly classified into three categories: bio-based and biodegradable (e.g., PLA, PHA), bio-based but non-biodegradable (e.g., Bio-PE, Bio-PET), and fossil-based but biodegradable (e.g., PBAT, PCL) (1). Among these, bio-based and biodegradable materials have attracted particular attention because they can decompose naturally, minimizing environmental impact.

Recent advances have emphasized the use of natural polymers such as starch, chitosan, cellulose, agar, and gelatin. These biopolymers are abundant, renewable, and compatible with various plasticizers that enhance flexibility and mechanical performance. Zhao (2019) highlighted agar's excellent film-forming ability, while Mariniello (2022) discussed the potential of gelatin-based matrices for biodegradable packaging(3,5). Glycerin, a widely used natural plasticizer, has been shown to improve elasticity and reduce brittleness in bioplastic formulations.

Despite these developments, most existing bioplastics still depend on industrial-scale production and controlled composting conditions, limiting accessibility in low-resource regions. Prior studies (Yaranal, 2018) have suggested that simplified formulations using food-grade ingredients could democratize bioplastic production. Building upon this foundation, the present research investigates a bioplastic composed of agar, gelatin, and glycerin, aiming to create a biodegradable, low-cost, and easily producible material that supports sustainable material innovation and environmental stewardship.

Plastic generation exacerbates the challenge of solid waste management. Moreover, plastics emit substantial amounts of microplastics, which infiltrate the environment and food chain, posing significant environmental risks. Katerina Synani researched (2024) compounded by their production from fossil fuels, such as crude oil and natural gas, plastics present a formidable environmental concern(20). As a result, bioplastics are an attractive alternative to fossil-based plastics since they use renewable energy sources, aim to alleviate worries about reliance on fossil fuels, and are biodegradable, further enhancing their environmental appeal. Along similar lines, the utilization of food waste to produce bioplastics is attracting international interest.

Bio-based plastics have been identified as a promising alternative to conventional plastics with regards to finite fossil resources and climate change. With emerging novel bio-based plastics and 70% of its market share in short life cycle packaging applications, the end-of-life options (recycling, anaerobic and aerobic digestion, energy recovery etc.) as well as the resource circulation have been moved into the spotlight and have to be assessed. This paper will provide an insight into the bio-based plastics in the

context of circular economy and gives an overview on its status and potential future development. Sebastian Spierling (2018) focused is set on the assessment of the potential environmental impacts of the different end-of-life options and resource circulation of bio-based plastics with the help of life cycle assessment(19).

MATERIALS AND METHODS

Materials

The primary components used in this study were agar agar (food-grade, Meron, Thailand), gelatin (type A, 240 Bloom, derived from porcine skin), and glycerin (analytical grade, 99.5% purity)(Figure 1). All materials were selected for their biodegradability, non-toxicity, and wide commercial availability. Distilled water was used as the solvent in all formulations.

Figure1. *Preparation of bioplastic samples*

The bioplastic films were produced through a solution casting method. A mixture containing 2% agar agar and 3% gelatin (w/v) was dissolved in 100 mL of distilled water under continuous stirring and gentle heating at 90°C for 15 minutes to ensure complete dissolution(Figure 2). Once homogeneous, 1.5 mL of glycerin was added as a plasticizer to enhance flexibility. The mixture was then stirred for an additional 5 minutes to achieve uniform dispersion.

The resulting viscous solution was poured into a flat acrylic mold (20×20 cm) and allowed to cool to room temperature. Afterward, the samples were dried in a ventilated oven at 45°C for 48 hours until complete film formation. The dried bioplastics were carefully peeled off and stored in a desiccator at 25°C for further analysis.

Figure 2. *Process of mixing*

Characterization of Bioplastic

To evaluate the properties of the produced bioplastic, several tests were conducted:

- Thickness Measurement: Average film thickness was determined using a digital micrometer (±0.01 mm accuracy) by measuring five random points per sample.
- Tensile Strength and Elongation: Mechanical properties were assessed using a universal testing machine (UTM) at a crosshead speed of 5 mm/min following ASTM D882 standards.
- Water Solubility and Absorption: Samples (2×2 cm) were immersed in distilled water for 24 hours at room temperature to assess solubility percentage and water uptake.
- Biodegradability Test: Soil burial tests were conducted for 8 weeks under controlled moisture conditions, monitoring mass loss at 2-week intervals.
- Visual and Structural Analysis: Surface uniformity and transparency were visually inspected and photographed under consistent light conditions.

Data Analysis

All experiments were performed in triplicate. Results were expressed as mean ± standard deviation, and data were analyzed using basic statistical methods to determine consistency and reproducibility.

RESULTS AND DISCUSSION

Physical Appearance and Film Formation

The prepared agar–gelatin–glycerin bioplastic films were transparent, flexible, and uniform in texture, indicating successful blending and plasticization. The surface exhibited smoothness without visible cracks or air bubbles, demonstrating good film-forming properties. The glycerin content was found to be optimal at 1.5 mL; lower concentrations resulted in brittleness, whereas higher amounts produced tacky films due to excessive moisture retention. The overall visual characteristics confirm the compatibility and synergistic interaction between agar and gelatin in the polymer network.

Thickness and Mechanical Properties

The film thickness ranged between 0.35–0.45 mm, ensuring consistent sample formation. The average tensile strength was measured at 16.8 ± 0.5 MPa, while elongation at break reached 24 ± 1.2%, values comparable to previously reported agar–gelatin composites (Zhao et al., 2019). The mechanical results indicate that the bioplastic exhibits an optimal balance between strength and flexibility, attributed to hydrogen bonding between agar and gelatin molecules, stabilized by glycerin's plasticizing effect. Such mechanical stability highlights the potential of this formulation for packaging and single-use material applications.

Water Solubility and Absorption

Water absorption and solubility tests revealed a moderate hydrophilicity, with samples absorbing 32–36% of their mass after 24 hours of immersion. Complete dissolution was not observed, confirming that the material maintains its integrity under short-term contact with moisture. The partial solubility aligns with the hydrophilic nature of gelatin and agar, which facilitates biodegradation while preserving structural performance in low-humidity environments. This characteristic makes the bioplastic suitable for temporary-use or controlled-degradation applications.

Biodegradability Analysis

The soil burial tests showed that the bioplastic samples exhibited progressive mass loss over time, with approximately 55% degradation after 4 weeks and complete decomposition within 8 weeks. The degradation process was primarily driven by microbial activity and moisture interaction, consistent with natural polymer behavior. The results validate that the produced material is fully biodegradable under ambient soil conditions, unlike synthetic plastics which may persist for decades. This demonstrates the environmental advantage of the agar–gelatin–glycerin formulation in waste reduction and sustainable disposal.

Comparative Assessment and Sustainability

Compared to commercial bioplastics such as PLA and PHA, the developed composite offers simpler synthesis, lower production cost, and full biodegradability without requiring industrial composting. The absence of toxic by-products and reliance on food-grade, renewable ingredients make it a viable alternative for small-scale and educational production. The study supports the concept of localized bioplastic fabrication as a low-barrier approach to sustainable materials innovation, contributing to circular economy goals and eco-conscious consumer practices.

REFERENCES

Pilla, S. (2011). Engineering applications of bioplastics and biocomposites-An overview. *Handbook of bioplastics and biocomposites engineering applications*, 1-15.

Joo, S. H. (Ed.). (2022). *Assessing the Effects of Emerging Plastics on the Environment and Public Health*. IGI Global..

Ju, J., & Zhao, F. (Eds.). (2025). *Edible Film and Coatings: Innovative Applications for Packaging and Food Preservation*. CRC Press.

Hollingworth, C. S. (2010). Food hydrocolloids: characteristics, properties and structures. *(No Title)*.

Porta, R., Di Pierro, P., Sorrentino, A., & Mariniello, L. (2011). Promising perspectives for transglutaminase in "bioplastics" production. *J Biotechnol Biomaterial*, *1*, 1-4.

Lopez Rodriguez, A. (2023). Optimization of Algae-Based Bioplastics: Exploring Agar and Carrageenan Blends for Sustainable Applications in the Design Industry.

Spyridoula Gerassimidou, Olwenn V Martin, Stephen P Chapman, John N Hahladakis, Eleni Iacovidou (2021). Journal of Cleaner Production 286, 125378

Simone Blanc, Stefano Massaglia, Filippo Brun, Cristiana Peano, Angela Mosso, Nicole Roberta Giuggioli.(2019).Sustainability 11 (9), 2475

Sarah Kakadellis, Zoe M Harris(2020).Journal of Cleaner Production 274, 122831

Taofeeq D Moshood, Gusman Nawanir, Fatimah Mahmud, Fazeeda Mohamad, Mohd Hanafiah Ahmad, Airin AbdulGhani(2022).Current Research in Green and Sustainable Chemistry 5, 100273

Samiris Cocco Teixeira, Taila Veloso de Oliveira, Nilda de Fatima Ferreira Soares, Paulo A Raymundo-Pereira(2025).Food Chemistry 470, 142652

Ahmed M Elgarahy, AK Priya, Hamida Y Mostafa, EG Zaki, SM Elsaeed, M Muruganandam, Khalid Z Elwakeel(2023).Journal of Environmental Chemical Engineering 11 (5), 110993

Naseeba Parveen, SV Chinna Swami Naik, Kumar Raja Vanapalli, Hari Bhakta Sharma(2024).Science of the Total Environment 945, 173893

Macarena Beltran, Benny Tjahjono, Anna Bogush, Jorge Julião, Evandro LS Teixeira(2021).Sustainability 13 (7), 3896

Xiaoying Zhao, Katrina Cornish, Yael Vodovotz(2020).Environmental science & technology 54 (8), 4712-4732

Zita Markevičiūtė, Visvaldas Varžinskas(2022).Sustainability 14 (10), 6366

Jaakko Siltaloppi, Markus Jähi(2021).Journal of Cleaner Production 315, 128113

Kushi Yadav, Ganesh Chandrakant Nikalje(2024)PeerJ 12, e18013

Sebastian Spierling, Carolin Röttger, Venkateshwaran Venkatachalam, Marina Mudersbach, Christoph Herrmann, Hans-Josef Endres(2018).Procedia CIRP 69, 573-578

Katerina Synani, Konstadinos Abeliotis, Kelly Velonia, Angeliki Maragkaki, Thrassyvoulos Manios, Katia Lasaridi(2024).Sustainability 16 (13), 5529

PATERNALISTIC LEADERSHIP

Emin Ergun SELÇUK

Tokat Gaziosmanpaşa University, Turhal Vocational School, Department of Accounting and Tax Practices, Turhal, Tokat, ORKID: 0000-0001-8568-6205

SUMMARY

Paternalistic leadership refers to a leader's parental-like approach to employees. In this approach, the leader makes decisions with central authority, guides team members, and provides secure protection and support when needed. Paternalistic leadership is generally summarized by three key dimensions: authority and decision-making, a compassionate or benevolent attitude, and strict monitoring of control. The leader considers the long-term well-being of employees, supports their personal development, and aligns success with the interests of all members of the family. Advantages of this approach include increased trust, commitment, and stability in the work environment. It can be particularly effective in uncertain or insecure environments where clear direction and quick decision-making are needed. The benevolent orientation can increase motivation and create loyalty by addressing employees' needs in a balanced way. However, paternalistic leadership also carries some significant risks. Chief among them are the limitation of employee autonomy and a decrease in innovation and integration capacity; dependency can develop, and critical thinking and diverse perspectives can be restricted. Furthermore, the leader's sole authority in decision-making can lead to feelings of insecurity or unfair practices within the team. When used effectively, paternalistic leadership can be balanced with clear goals, explicit expectations, and a supportive culture. It can improve short-term performance, particularly in organizations where hierarchical and culturally authoritarian structures persist; however, in the long term, it should be considered a model that needs to be adapted to respond to employees' demands for autonomy and innovation.

Keywords: Paternalistic leadership, benevolent, trust, authority

ÖZET

Paternalist liderlik, bir liderin çalışanlarına ebeveynlik benzeri bir tutumla yaklaşmasını ifade eder. Bu yaklaşımda lider, kararları merkezi bir otoriteyle verir, ekip üyelerine rehberlik eder ve ihtiyaç duyduklarında güvenli bir koruma ve destek sağlar. Paternalist liderlik genellikle üç temel boyutla özetlenir: otorite ve karar vericilik, şefkatli veya benevolent (iyi niyetli) tutum, ve kontrolün sıkı izlenmesi. Lider, çalışanları için uzun vadeli refahı gözetir, onların kişisel gelişimini destekler ve başarıyı ailenin tüm mensuplarının çıkarlarıyla uyumlu kılar. Bu yaklaşımın avantajları arasında güven, bağlılık ve çalışma ortamında istikrarın artması sayılabilir. Özellikle belirsiz veya güvenli olmayan ortamlarda, net yönlendirme ve hızlı karar alma ihtiyacı duyulan durumlarda etkili olabilir. Benevolent yönelim, çalışanların ihtiyaçlarının dengeli bir şekilde ele alınmasıyla motivasyonu yükseltebilir ve sadakat yaratabilir. Ancak paternalist liderlik, bazı önemli riskleri de taşır. En başta çalışanların özerkliğinin sınırlanması ve yenilikçilik-entegrasyon kapasitesinin azalması gelir; bağımlılık oluşabilir ve eleştirel düşünce, farklı bakış açıları kısıtlanabilir. Ayrıca liderin karar vermedeki tek otoritesi, ekip içinde güvensizlik veya adil olmayan uygulamaların hissedilmesine yol açabilir. Etkin kullanıldığında paternalist liderlik, net hedefler, açık beklentiler ve destekleyici bir kültürle dengelenebilir. Özellikle hiyerarşik ve kültürel olarak otoriter yapıların varlığını sürdürdüğü kurumlarda kısa vadeli performansı artırabilir; uzun vadede ise çalışanların özerklik ve inovasyon talebine yanıt verecek biçimde esnetilmesi gereken bir model olarak düşünülmelidir.

Anahtar Kelimeler: Paternalist liderlik, benevolent, güven, otorite

1. *INTRODUCTION*

Paternalistic leadership is a management approach where the manager exhibits a protective and guiding attitude towards employees, much like a father. In this approach, decisions are made by a central authority; employees are motivated by a sense of security and clarity. Employees generally show high commitment and loyalty because the leader anticipates and meets their needs. However, the scope for independent action may be limited; criticism and innovation may be restricted over time. Paternalistic leadership can be effective for rapid decision-making and team cohesion, especially in uncertain environments. In modern organizations, this approach can be a balancing element for courtesy and productivity when a balance of equality, justice, and communication is achieved.

2. PATERNALISM

The concept of paternalism, which is called "paternalistic" in the organizational behavior literature, has been referred to in different ways in the literature. These terms include "benevolent dictatorship" (Northouse, 1997), "non-coercive exploitation" (Goodell, 1985), "the sweetest persuasion, the velvet glove" (Jackman, 1994), and "an employer's concern that transcends their role" (Padavic and Ernest, 1994). The concept of paternalism sheds light on the dynamics of bilateral relationships and the duties and responsibilities of both subordinates and superiors within these relationships. In societies where paternalistic tendencies prevail, the bond between superiors and subordinates is similar to that between parent and child. In this relationship, the primary role of superiors is to protect, oversee, guide, and direct their subordinates, making decisions they believe will be advantageous for them. In return, subordinates are expected to show loyalty and obedience to their superiors. The basis of paternalism can be traced back to feudal and patriarchal structures found in families and states. It is the state's duty to protect and provide for its citizens. As time progressed, it became clear that these family and state relations also manifested themselves in the workplace (Aycan and Kanungo, 2000: 31).

3. *PATERNALISTIC LEADERSHIP*

In today's 21st century, a management approach has emerged where employees act in accordance with organizational rights, and leaders are positioned at the center, not from top to bottom. This new approach is defined as paternalistic leadership (Gürer, 2019).

Paternalistic leadership encompasses not only matters related to the work employees do in the workplace, but also issues requiring the protection of their rights, sharing their happiness, ensuring their health, continuing their education, addressing their personal and family problems, treating employees as if they were family members, and creating a family atmosphere in the organization (Ötken and Cenkci 2012: 534).

4. *CHARACTERISTICS OF PATERNALISTIC LEADERSHIP*

1. Prioritizing Employee Well-being: Paternalistic leaders consider the needs of their employees in both their work and private lives and strive to ensure their overall well-being (Aycan, 2006).
2. Protectiveness and Support: Leaders protect their subordinates by treating them like family members, providing support and guidance in difficult situations (Fikret-Paşa et al., 2001).
3. Establishing Emotional Connections: This leadership style fosters strong and sincere emotional bonds with employees; employees show loyalty and obedience in return for the leader's attention and support (Pellegrini & Scandura, 2008).
4. Balancing Authority and Affection: Paternalistic leaders use authority while simultaneously showing love and respect for their employees. This ensures discipline and builds employee trust (Aycan, 2006).
5. Social and Cultural Interaction: Leaders participate in employees' social lives, attending important events such as weddings and holidays, which contributes to creating a family atmosphere in the workplace (Fikret-Paşa et al., 2001).

6. Social Investment and Expectation of Reciprocity: The good deeds of the leader are considered social investment, and employees are expected to reciprocate. This situation reinforces a sense of mutual responsibility between the leader and the employee (Farh & Cheng, 2000).
7. Creating a Family Atmosphere in the Workplace: Paternalistic leaders increase the sense of belonging among employees by viewing the workplace not only as a workspace but also as a family (Erkuş et al., 2010).
8. Commitment to Justice and Ethical Values: In this leadership style, acting fairly and maintaining ethical standards are important; thus, employee trust is ensured (Aycan, 2006).

5. *DIMENSIONS OF PATERNALISTIC LEADERSHIP*

According to Dağlı and Ağalday (2017), paternalistic leadership consists of four sub-dimensions: benevolent, moral, authoritarian, and self-serving leadership.

9. Benevolent Leadership: According to Erben and Güneşer (2008), this involves leaders caring not only about employees' work lives but also about their entire lives, always considering their happiness and well-being. These leaders are also sensitive to their employees' family and personal problems. In benevolent paternalism, the leader seeks ways to increase the well-being and peace of mind of employees and demonstrates this concern through their actions. Employees, in turn, respond to this leadership style with loyalty and respect. • Moral Leadership: This refers to the leader possessing high personal virtues, self-discipline, and an altruistic approach. This leadership style is characterized by personal management and self-control and aims to gain the respect of subordinates. Moral leaders consider not only their own interests but also the well-being of the organization and employees in their actions. Leaders who stand out with their sincerity, honesty, and exemplary behavior create a positive social impact on their employees (Şendoğdu and Erdirençelebi, 2014, p. 256). In this dimension, the importance of leaders having self-discipline, acting honestly, being unselfish, valuing principles, being fair, and acting with foresight is emphasized (Erben and Güneşer, 2008).
10. Authoritarian leadership: This refers to a management approach based on the absolute authority of the leader, where questioning this authority is not allowed. This leadership style is defined as a definitive and unquestionable authority structure, and it envisages establishing strict control over subordinates and ensuring unconditional obedience (Şendoğdu and Erdirençelebi, 2014, p. 256). Authoritarian leaders clearly demonstrate their authority and do not allow employees to question it. In this leadership style, maintaining control over employees and preserving the hierarchical order is paramount. The relationship between leader and employee is based on the sustainability of the social order, and this relationship is structurally determined by hierarchical roles (Pellegrini and Scandura, 2008).
11. Self-serving Leadership: It is common for a leader to use their power and status for their own personal gain and interests. At the root of self-serving paternalistic leadership lies the leader's aim to prioritize their own individual interests. In this leadership style, the leader displays behaviors of interest and generosity. However, in return for these behaviors, employees are expected to show compliance, respect, and commitment in achieving and realizing the organization's goals (Köksal, 2011).

6. *PATERNALISTIC LEADERSHIP IN TURKISH CULTURE*

Turkey's collectivist culture is expected to have a significant impact on organizations. In this context, there are opinions that, under the influence of Turkish culture, leaders tend to exhibit a paternalistic approach towards their employees. In a study conducted by Aycan and colleagues (2000) in ten different countries, it was determined that the countries where paternalism is most frequently encountered and preferred are India, Turkey, China, and Pakistan. In contrast, Israel and Germany are among the countries where paternalism is least seen and least preferred. (Aycan et al., 2000) Furthermore, collectivism is seen as the most prominent organizational value in Turkish culture. With the strengthening of the collectivist culture structure in Turkish organizations, it is expected that the

tendency of leaders to exhibit behaviors called paternalistic leadership will also increase (Paşa, Kabasakal and Bodur, 2001).

7. *EFFECTS OF PATERNALISTIC LEADERSHIP*

Cheng et al. (2004) have shown that all dimensions of paternalistic leadership—authoritarianism, benevolence, and morality—have positive effects on employees. In particular, the benevolence dimension of leadership is said to be quite effective in increasing employees' gratitude and their desire to reciprocate. The authority of the paternalistic leader is quite effective in ensuring employee compliance. While it is generally expected that the morality dimension leads to this result, surprisingly, it is a consequence of authoritarianism. In other words, it can be said that as a result of paternalistic leadership attitudes and behaviors, employees generally become compliant, grateful, and committed employees (Cheng et al., 2004: 110).

8. *CONSEQUENCES OF PATERNALISTIC LEADERSHIP*

Paternalistic leadership is an approach that has become popular in the field of management in recent years and is examined from emic perspectives. While paternalistic leadership is considered compatible with norms in Eastern countries, it is perceived as more restrictive in the West due to its libertarian and self-governing employee structures. Chinese researchers (e.g., Farh and Cheng) have studied this style in depth and found that it makes a significant contribution to the economy, especially in relation to family businesses.

The authoritarian behavior of paternalistic leaders, when used excessively, reduces employee performance, decreases organizational commitment, creates job dissatisfaction, and for these reasons, business managers who want to survive in a competitive environment need to value their employees (Koç and Alpullu, 2019). While the benevolent and moral dimensions of paternalistic leadership positively influence and encourage employee creativity, the controlling and restrictive approach of the authoritarian dimension negatively affects creativity in employees (Kurt, 2013). In organizations where the authoritarian dimension is predominantly displayed, a reluctance to communicate may arise between employees and the leader (Çalışkan, 2009).

9. *LITERATURE REVIEW ON PATERNALISTIC LEADERSHIP*

While studies on paternalistic leadership were limited before 2000, they intensified at the national and international levels in subsequent years. The most significant studies in the literature appear to have been conducted particularly in the context of the Far East. However, the effects of the paternalistic leadership approach in different sectors of Turkey are also a subject of research.

Aycan and Paşa (2003), in their research in the field of educational sciences, examined the leadership styles preferred by students. According to the research results, students most preferred transformational, charismatic, participative, paternalistic, and bureaucratic leadership styles. In addition, it was found that students who were influenced by their family or elders in their environment during the career planning process preferred paternalistic leadership more.

In a study conducted by Türesin (2012), the relationship between paternalistic leadership, job satisfaction, learned difficulties, and intention to leave the job was examined among blue-collar and white-collar workers. As a result of the research, it was determined that the perception of paternalistic leadership among employees was at high levels.

A study conducted in Taiwan by Chen et al. (2014) found that the compassionate and ethical dimensions of paternalistic leadership increased employee performance and encouraged extra-role behaviors. However, the authority dimension was found to have a negative effect on extra-role behaviors.

The research by Okçu, Ergül, and Ekmen (2020) aimed to determine the effects of school principals' paternalistic leadership behaviors on teachers' trust and motivation. Using a correlational survey model,

data was collected from 727 teachers working in 28 kindergartens, 86 primary schools, 65 middle schools, and 46 high schools in Batman province. The study found a positive relationship between school principals' paternalistic leadership behaviors and trust and motivation. According to the analysis results, as paternalistic leadership behaviors were displayed in schools, teachers' trust in management and motivation increased. It was determined that both trust levels and motivation increased. Furthermore, it was found that both paternalistic leadership behaviors and the feeling of trust within the institution had a positive effect on teachers' motivation. Paternalistic leadership is a common leadership style in regions such as China, Japan, Korea, Taiwan, India, the Middle East, and Latin America. Research shows that dimensions such as compassion and morality positively influence employees' commitment and alignment to the organization; this, in turn, improves both in-role and out-of-role performance.

10. *CONCLUSION*

Paternalistic leadership can be summarized as an approach that makes decisions with central authority and responds quickly to employees' needs. In this respect, it allows for quick decision-making in uncertain environments and can strengthen the sense of security. However, the restriction of independent action can negatively impact creativity and critical thinking. For organizational development, this approach can maintain productivity when balanced with communication based on fairness and respect. If the appropriate balance is not established in different cultural contexts, the risk of employee burnout and loss of motivation increases in the long term. Paternalistic leadership can be considered a sustainable leadership approach when a balance is established that encourages constructive interaction, transparency, and voluntary participation.

SOURCE

Aycan, Z., Kanungo, R. N., Mendonca, M., Yu, K., Deller, J., Stahl, G., and Kurshid, A. (2000). Impact of culture on human resource management practices: A 10-country comparison. Applied Psychology: An International Review, 49(1), 192-221. https://doi.org/10.1111/1464-0597.00010

Aycan, Z. and Paşa, S. F. (2003). Career choices, job selection criteria, and leadership preferences in a transitional nation: The case of Turkey. Journal of Career Development, 30(2), 29-144.

Aycan, Zeynep (2006). Paternalism: Towards conceptual refinement and operationalization. In K. S. Yang, K. K. Hwang, & U. Kim (Eds.), Indigenous and cultural psychology: Understanding people in context (pp. 445-466). New York, NY: Springer.

Cheng, B. S., Chou, L. F., Wu, T. Y., Huang, M. P., & Farh, J. L. (2004). Paternalistic Leadership And Subordinate Responses: Establishing A Leadership Model In Chinese Organizations. Asian Journal Of Social Psychology, 7(1), 89-117.

Cheng, B. S., Boer, D., Chou, L. F., Huang, M. P., Yoneyama, S., Shim, D., Sun, J. M., Lin, T. T., Chou, W. J., and Tsai, C. Y. (2014). Paternalistic leadership in four East Asian societies: Generalizability and cultural differences of the triad model. Journal of Cross-Cultural Psychology, 45(1), 82–90.

Çalışkan, S. C. (2009). A study on leadership styles and leader-member interaction quality (LÜE) in tourism businesses. Trakya University Journal of Social Sciences, 11(2), 219-241.

Dağlı, A., and Ağalday, B. (2017). Developing a headmasters' paternalistic leadership behaviours scale in Turkey. Journal of Education and Practice, 8(30), 190-200.

Erben, G. S., and Güneşer, A. B. (2008). The relationship between paternalist leadership and organizational commitment: Investigating the role of climate regarding ethics. Journal of Business Ethics, 82(4), 955-968. Erkuş, A., Çetin, B., & Yağcı, N. (2010). The Relationship Between Paternalistic Leadership And Organizational Commitment In Turkey. Journal of Psychology, 21(1), 15-33.

Farh, J. L. & Cheng, B. S. (2000). "A Cultural Analysis of Paternalistic Leadership in Chinese Organizations.": J. T. Li, A. S. Tsui, & E. Weldon, (eds). In Management and Organizations in the Chinese Context, (pp. 85–127). London: Macmillan.

Fikret-Paşa, S., Kabasakal, H. & Bodur, M. (2001). Society, Organizations, And Leadership In Turkey. Applied Psychology, 50(4), 559–589.

Gürer, A., (2019). Leadership approaches in the 21st century, Istanbul: Hiperlink Publications, 11-32.

Goodell, G. E. (1985). Paternalism, patronage, and potlach: The dynamics of giving and given to. https://doi.org/10.1086/203252 Current Anthropology, 26(2), 247–257.

Jackman, M. R. (1994). The velvet glove - Paternalism and conflict in gender, class, and race relations. University of California Press.

Koç, E. and Alpullu, A. (2019). An examination of the relationship between job satisfaction and paternalistic leadership among employees of the Provincial Directorate of Youth and Sports, Journal of Sports Education 3(2), 33-43.

Köksal, O. (2011). A cultural leadership paradox: Paternalism. Mustafa Kemal University Journal of Social Sciences Institute, 8(15), 101-122. Kurt, İ. (2013). A study to investigate the relationship between paternalistic leadership and employees' perceptions of creative participation in their work. Journal of Social and Human Sciences, 5(1), 321-330.

Northouse, P. G. (1997). Leadership: theory and practice. Sage Publications, Inc.

Okçu, V., Ergül, H. F. and Ekmen, F. (2020). Examination of the Relationships Between Paternalistic Leadership Behaviors of School Administrators and Organizational Trust and Motivation Levels of Teachers (Path Analysis Study). International Journal of Social Research, 13 (73), 755-770.

Ötken Ayşe and Cenkci Tuna (2012). The Impact of Paternalistic Leadership on Ethical Climate: The Moderating Role of Trust in Leader. Journal of Business Ethics, 108(4), 525-536.

Padavic, I., & Earnest, W. R. (1994). Paternalism as a component of managerial strategy. The Social Science Journal, 31(4), 389-405.

Paşa, S. F., Kabasakal, H., and Bodur, M. (2001). Society, organisations, and leadership in Turkey. Applied Psychology: An International Review, 50(4), 559–589.

Pellegrini, E. K., and Scandura, T. A. (2008). Paternalistic leadership: A review and agenda for future research. Journal of Management, 34(3), 566-593.

Şendoğdu, A. A., and Erdirençelebi, M. (2014). A study on the relationship between paternalistic leadership and organizational citizenship behavior. Journal of Social and Economic Research, 27, 253-274.

Türesin, H. (2012). An Examination of the Relationships Between Organizational Employees' Perceptions of Paternalistic Leadership, Levels of Learned Helplessness, Job Satisfaction Levels, and Intentions to Leave. Master's Thesis, Celal Bayar University, Institute of Social Sciences, Department of Business Administration, Manisa, 5-143.

BOREOUT SENDROMU

Emin Ergun SELÇUK

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Turhal Meslek Yüksekokulu Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Bölümü, Turhal, Tokat, ORKİD: 0000-0001-8568-6205

ÖZET

Boreout sendromu, işte anlamlı bir ardışıklık veya sıkıcı, alakasız görevlerle geçirilen zaman nedeniyle ortaya çıkan tükenmişlik hissi ve motivasyon kaybını ifade eder. Bu durum, çalışanların kendi potansiyellerini kullanamadıkları, anlamlı amaç hissinden uzak kaldıkları, monoton ve meydan okumadan yoksun iş yüküyle karşı karşıya kaldıklarında gelişir. Boreout, burnout'a kıyasla daha çok "içsel boşluk" ve güçsüzlük duygusunu öne çıkarır; aşırı stres yerine düşük uyarılma ve ilgi eksikliği nedeniyle ortaya çıkan bir memnuniyetsizlik olarak tanımlanır. İşbirliği, geri bildirim ve gelişim olanaklarının sınırlı olması; görev çeşitliliğinin azlığı; çalışanların yetenekleriyle uyumsuz iş talepleri boreout'un temel tetikleyicileri arasındadır. Ayrıca yapılandırılmamış hedefler, belirsiz rol tanımları ve düşük karar alma otoritesi de bu sendromun yaygın nedenlerindendir.

Belirtiler arasında kronik yorgunluk, motivasyon eksikliği, işten kopukluk ve ilgi kaybı; düşük performans, düzensiz işe devamsızlık ve isteksizlikle gelen pasif katılım ön plandadır. Zihinsel olarak sık sık boş düşünceler, dikkat dağınıklığı ve değersizlik hissi de eşlik edebilir. Boreout'un sonuçları bireysel düzeyde depresyon benzeri belirtiler, iş tatmininde düşüş ve mesleki ilerlemenin yavaşlaması şeklinde gözlemlenebilir; örgütsel düzeydeyse verimlilik kaybı, takım ruhunun zayıflaması ve çalışan bağlılığında azalma görülür.

Bu sorunun üstesinden gelmek için hem bireysel hem de kurumsal adımlar gerekir: görev çeşitliliği ve anlamlılık katacak proje ve rol yeniden tasarımı, yetkinliklere uygun gelişim olanakları, geri bildirim kültürü ile daha net rol tanımları ve çalışanların karar verme süreçlerine katılımını destekleyen yönetim uygulamaları boreout riskini azaltabilir. Ayrıca iş-yaşam dengesi, esnek çalışma modelleri ve iş yükünün adil dağılımı da önemli önlemler arasındadır.

Anahtar Kelimeler: Boreout sendromu, monotonluk, isteksizlik, esnek çalışma

BOREOUT SYNDROME

SUMMARY

Boreout syndrome refers to feelings of exhaustion and loss of motivation arising from a meaningless sequence of tasks or time spent on boring, irrelevant tasks. This condition develops when employees are unable to utilize their potential, lack a sense of meaningful purpose, and face monotonous and unchallenging workloads. Compared to burnout, boreout emphasizes feelings of "inner emptiness" and powerlessness; it is defined as dissatisfaction stemming from low arousal and lack of interest rather than excessive stress. Limited opportunities for collaboration, feedback, and development; insufficient task variety; and job demands that mismatch employees' abilities are among the main triggers of boreout. Unstructured goals, unclear role descriptions, and low decision-making authority are also common causes of this syndrome. Symptoms include chronic fatigue, lack of motivation, detachment from work, and loss of interest; low performance, irregular absenteeism, and passive participation with reluctance. Mentally, frequent idle thoughts, distractibility, and feelings of worthlessness may also accompany it. The consequences of boredom can be observed at the individual level as depression-like symptoms, decreased job satisfaction, and slowed career advancement; at the organizational level, it manifests as loss of productivity, weakened team spirit, and decreased employee commitment. Both individual and organizational steps are needed to overcome this problem: project and role redesign that adds variety

and meaning to tasks, development opportunities aligned with competencies, a feedback culture with clearer role definitions, and management practices that support employee participation in decision-making processes can reduce the risk of boredom. Work-life balance, flexible working models, and a fair distribution of workload are also important measures.

Keywords: Boreout syndrome, monotony, apathy, flexible working

1. GİRİŞ

Boreout sendromu, çalışanların işlerinde anlam ve meydan okuma eksikliği nedeniyle ortaya çıkan bir psikolojik durumdur. Kısa ve tekrarlı görevler, aşırı basit yükler veya gerektiğinden az iş verilmesi gibi durumlar boreout'u tetikleyebilir. Bu durum çalışanlarda sıkılma, motivasyon kaybı ve zamanın yavaş aktığı hissiyle belirginleşir. Verimlilik ve iş tatmini düşebilirken, işten kaçınma ve suçluluk duyguları da ortaya çıkabilir. Kurumsal yapıdaki görev tasarımı, iletişim eksikliği ve kariyer gelişimi fırsatlarının yetersizliği boreout'u körükleyebilir. Çözüm olarak anlamlı iş tasarımı, görev çeşitliliği, geri bildirim ve gelişim fırsatları ile iş-yaşam dengesinin iyileştirilmesi önerilir.

2. BOREOUT SENDROMUNUN TARİHÇESİ

Boreout kavramı, ilk kez Mart 2007'de Philippe Rothlin ve Peter R. Werder tarafından yayımlanan ''Diagnosis Bore Out'' adlı kitapta ele alınmıştır (Rothlin ve Werder, 2007). Boreout özellikle ofis ortamında çalışan bireylerde sıklıkla gözlemlenmekte ve bireylerin psikolojik ve fiziksel sağlıklarını olumsuz yönde etkileyebilecek sonuçlar doğurabilmektedir (Sürücü ve Yıkılmaz, 2022). Boreout kavramının kökeni, tekrarlayan işlerle ilişkili olarak ilk kez Wyatt (1929) tarafından ortaya atılmış olsa da daha yakın dönemde kavram geniş bir çerçevede ele alınarak iş temelli bir olgu olarak incelenmiştir (Sürücü ve Yıkılmaz, 2022: 66).

3. BOREOUT SENDROMUNUN TANIMI

Boreout kısaca işgörenlerin herhangi bir iş yapmamaları durumunda işten sıkılmaları ve motivasyonlarının düşmesi durumudur (Moris ve Nedosugova, 2019: 138). Ya da boreout, bilişsel bir karşılaştırma süreci sonucunda ortaya çıkan ve beklenen taleplerin algılanan talepleri aşması durumunda oluşan psikolojik gerginlik olarak tanımlanmaktadır (Stock, 2015: 575). Başka bir ifadeyle işgörenin iş ve kariyer ile ilgili beklentilerinin karşılanmaması sonucu oluşan ve bu beklentilerin karşılanmasıyla çözüme kavuşturulan bireysel psikolojik durumlardır (Çiftçi ve Gürer, 2019: 61).

4. BOREOUT SENDROMUNUN ÖNEMİ

Günümüz yoğun rekabet ortamında işletmeler varlıklarını sürdürebilmek ve rakiplerine karşı üstünlük sağlayabilmek için insan kaynaklarını en verimli şekilde kullanmayı hedeflemektedirler. Bu doğrultuda çalışanlardan, bireysel amaçlar ile örgütsel hedefleri uyumlaştırarak yüksek düzeyde performans göstermeleri ve aidiyet hissetmeleri beklenmektedir (Sezgin ve Düşükcan, 2020). Bununla birlikte, bazı durumlarda iş ortamı ya da işle ilgili çeşitli etkenler nedeniyle çalışanlar iş yerinde sıkılma, dikkat toplama güçlüğü, karasızlık ve çatışmalı süreçlerin içinde yer alabilirler (Demir, Yalım ve Narlıkaya, 2020).

5. BOREOUT SENDROMUNUN BELİRTİLERİ

Çalışanlar, sahip oldukları mesleki becerilerle sorumlu oldukları işleri başarıyla tamamlayabilmelidir; aksi halde işini ya çok zor görür ya da basite alır ve bu, strese ve boreout sendromuna yol açar.

Çalışanlarda görülen boreout sendromunun belirtileri şunlardır (Çağatay, 2022):

12. Mesai saatleri içinde özel işlerle ilgilenilmesi.

13. İşe karşı ilgi düşüklüğü.
14. İşten sıkılma.
15. İşin yetersiz olduğunu hissetme.
16. İş üzerine konuşma isteğinin olmaması.
17. İş yükünün az olmasına rağmen gün sonunda zihinsel yorgunluk his-si olması.
18. Yapılan iş üzerine fazlaca eleştiri yapılması.
19. Daha kısa sürede yapılabilecek işin uzun zamana yayılması.

6. BOREOUT SENDROMUNUN NEDENLERİ

Örgütlerde boreout sendromu 3 stres faktörüne bağlı olarak meydana gelmektedir (Stock, 2015);

1. İşteki anlam krizi; işgören faaliyette bulunduğu mesleğiyle ilgili olumlu duygular içerisinde olmaktadır. Bu bağlamda emek sarf ettiği işi kendisi açısından anlamlı ve önemli görme eğiliminde olacaktır. Bu durumumun tersine işinden memnun olmayan mutsuz işgören, yaptığı işi anlamsız ve basit olarak görmeye başlayacaktır. Böylece işgörenin iş etkinliğinin yok olması olası hale gelmektedir (Rothlin ve Werder, 2008: 15; Stock, 2015). Bu noktada işgörende anlam krizi başgösterecektir.
2. İş sıkıntısı; işgörenin icra ettiği mesleki faaliyetinde kendisine verilen işin beceri ve bilgisi dahilinde olmaması sebebiyle, diğer bir ifadeyle yetenek ve kapasitesiyle orantılı zorlukta olmayan işleri yapması ve bu işler için daha az çaba sarf etmesi sebebiyle iş sıkıntısı çekecektir (Loukidou vd., 2009).
3. Büyüme krizi; işgören mesleki faaliyetlerinde sürekli kendini geliştirme, yeni bilgiler öğrenme çabası içerisinde olmaktadır. Bu noktada işgören kişisel olarak işyerinde kendini geliştirme fırsatı verilmesini ve verimli bir ortamın oluşturulmasını beklemektedir. Bu duruma büyüme fırsatı denilmektedir (Dutton vd., 2010). Kendini geliştirme imkanı bulamayan işgörenler, yaptıkları mesleğe yönelik kişisel becerilerini geliştirmek için örgüt tarafından imkan sağlanmadığını düşünmeye başlayacaklardır. Bu noktada, işgörende büyüme krizi meydana gelecektir (Bakker vd., 2010). Bu durum ise işgörende boreout sendromuna neden olacaktır.

Cürten (2013) örgüt ortamında iş yerinde sıkılmanın oluşumuna yönelik tetikleyici unsurları kapsamlı bir şekilde incelemiş ve aşağıda belirtilen hususlar çerçevesinde özetlemiştir:

4. Uzman çalışanlara, eğitim ve tecrübe birikiminin altında ve ilgi alanlarının dışında kalan sıkıcı görevlerin verilmesi,
5. Çalışanın gelişimsel beklentisi ve ilgi alanlarının dışında kalan veya gereken özen gösterilmeden gelişigüzel bir şekilde planlanan kurs veya gelişime yönelik eğitim programlarına katılma zorunluğu,
6. İşe alım sürecinde çalışan ile yapılan sözleşme kapsamının dışına çıkılarak, iş tanımının çok dışında iş verilmesi veya yapılan işin çalışanın gelecek beklentilerini karşılamaması durumunda,
7. Yeni mezun veya genç profesyonellerin, geleneksel iş yapış şekline bağlı ve gelişime kapalı yönetim tarzını benimsemiş ve aşırı temkinli yöneticiler ile çalışması,
8. Örgüt kültürü içerisinde yöneticilerin yetki devri ve inisiyatif kullanımına karşı mesafeli olması ve çalışanın işle özdeşleşmesini engelleyecek şekilde karar sürecine dahil edilmemesi,
9. Liderlik pratiğinde deneyimlenen eksiklikler (sosyal beceri eksikliği, empati yoksunluğu, çalışanlara ilgisizlik, liderlik boşluğu),
10. Örgüt içerisinde yapılan işin anlamlılığın eksikliği, günlük rutinlere katı bağlılık ve takdir edilmeye ilişkin örgüt kültüründe oluşan eksiklik şeklindedir.

7. BOREOUT SENDROMU YAŞAYANLARIN YAPMASI GEREKENLER

Boreout sendromu yaşayan bir çalışanın yapması gereken bazı işlemler vardır. Bu işlemler aşağıdaki gibidir (Misun ve Hudakova, 2010):

11. İşyerinde sıkılan çalışan otomatik olarak boreout sendromu yaşadığı fikrine kapılmamalıdır.
12. Boreout sendromu yaşaması durumunda çalışan zaman yönetimi tekniklerini kullanmalıdır.

13. Çalışan belirli bir süre boyunca işteki aktivitelerini kaydederek mevcut durumun analizini yapmalıdır.
14. Mevcut durumun nedenlerini araştırarak işin nicel mi yoksa nitel mi yetersiz olduğunu tespit etmelidir.
15. Meslektaşlar ile ve bir uzmanla mevcut durum hakkında fikir alışverişi yapmalıdır.
16. Kişisel bir plan oluşturarak kademeli olarak gerçekleştirme girişiminde bulunmalıdır.
17. Mesleki gelişim konusundaki işletmenin eğitim imkânlarından faydalanmalıdır.
18. Yeniden başlamasına yardımcı olacak ikinci iş ilişkisi kurulmalıdır.
19. Tamamen farklı bir iş pozisyonda çalışmak için yönetici ile görüşmelidir.

8. BOREOUT SENDROMUNUN SONUÇLARI

Çalışanların iş yerinde sıkıntı yaşamasının sonuçları arasında yorgunluk hali, memnun olmama, ilgisizlik ve düşük özsaygı vardır. İşletme açısından sonuçları ise gereksiz mali yükler, şirkete bağlılığın düşük olması ve yüksek düzeyde hastalık iznidir (Moris ve Nedosugova, 2019).

Boreout sendromu yaşayan çalışanlar, iş yerinde kendilerini yeterince üretken ve değerli hissetmediklerinde, mevcut işlerinden ayrılmayı düşünmeye yönelmektedirler (Karadal, Abubakar ve Erdem, 2018). Çalışanların işten ayrılma amacına etki eden durumları dile getirerek bunu diğer çalışanlarla paylaşması, işyerinde bulunan diğer çalışanların motivasyonlarını olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Bu süreçte işten ayrılmayı düşünen bir çalışan görevine olan bağlılığını kaybedebilmekte, performansında düşüş yaşayabilmekte, devamsızlık yapabilmekte ve diğer çalışanları olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Ayrıca, bu tür davranışlar çalışma ortamında huzursuzluk yaratabilmekte ve ekip dinamiklerini bozabilmektedir (Halawi ve Mousseitbeh, 2014).

9. BOREOUT SENDROMU İÇİN ALINACAK ÖNLEMLER

İşletmeler çalışanların yaşadığı boreout sendromunu önlemek için çeşitli önlemler alabilirler. Bu önlemler aşağıdaki gibidir (Kerce, 1985):

20. Monoton ve tekrarlayan işler için toleransı yüksek veya nevrotikliği düşük insanları seçmek.
21. Görselleştirmeye yatkın insanları seçmek ve ardından bu düşünceleri acil durum provalarına yönlendirmek için eğitim almalarını sağlamak.
22. Sıkıcı işleri, uyaranların sıklığını, karmaşıklığını ve çeşitliliğini artırarak ya da kısıtlama duygularını azaltarak yeniden tasarlamak.
23. Kariyer gelişimini, işin anlamını veya önemini vurgulayarak ve mümkün olduğunda görevlerin nasıl gerçekleştirildiği üzerinde kontrole izin vererek öznel iş özelliklerini değiştirmek.
24. Görevlerde çeşitlilik oluşturmak gibi başa çıkma teknikleri konusunda bireyleri eğitmek.

10. BOREOUT SENDROMU İÇİN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Amarat ve Öztürk (2023) tarafından Ordu ve Giresun illerinde 220 sağlık çalışanı ile yapılan çalışmada, boreout sendromunun kuşaklar arasında farklılık gösterip göstermediği üzerinde durulmuştur. Çalışmada, boreout sendromu yaşayan sağlık çalışanlarının sayılarının şimdiki kuşakta düşük olduğu tespit edilmiştir. Fakat gelecek dönemlerde X ve Y kuşağının sayısı azalacak ve yerlerini yüksek hızda teknolojiyi ve interneti kullanan, işlerini daha kısa sürede çözüme kavuşturan, bu nedenle daha yüksek oranda bureout sendromu riski taşıyan Z kuşağı alacaktır.

Bruursema, ve diğerlerinin (2011) yapmış oldukları çalışmada; Kuzey Amerika'da çeşitli sektörlerde (sanat, eğitim, finans, yönetim vb.) 30 saatten fazla düzenli olarak çalışan beyaz yakalıların, iş yerinde sıkılmanın üretim karşıtı iş davranışları üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu ve örgütsel verimliliği olumsuz etkilemesi nedeniyle iş yerinde sıkılmanın ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır.

García-González ve arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada, boreout sendromu seviyelerinin kuşaklar arasında farklılık göstermediği ve genel olarak düşük düzeyde olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Abubakar

(2020), Nijerya'daki hizmet çalışanları üzerine yapmış olduğu araştırmasında, boreout sendromunun hizmet endüstrisindeki kariyer, yaşam ve iş memnuniyetinin X ve Y kuşağı üzerindeki potansiyel etkilerini incelemiştir. Araştırma sonucunda, boreout sendromunun kariyer, yaşam ve iş memnuniyeti üzerinde negatif yönlü bir etkisinin olduğu görülmüştür. Merdan ve arkadaşlarının (2022) boreout sendromunun üretkenlik karşıtı iş davranışı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, boreout sendromunun sanal kaytarma ve üretkenlik karşıtı iş davranışı üzerinde pozitif yönde bir etkisinin olduğu yani boreout arttıkça üretkenlik karşıtı iş davranışlarında da artış yaşandığı sonucuna ulaşmışlardır. Karadal ve Erdem (2018), Selçuk Üniversitesi'nde çalışan idari personellerin çalışma ortamıyla ilgili; boreout sendromu, kariyer iyimserliği ve kariyer uyumluluğu ilişkilerini analiz etmek için yaptıkları çalışmada, boreout sendromunun kariyer iyimserliğini ve kariyer uyumluluğu negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Yine Karadal vd. (2018), Konya Selçuk Üniversitesi'nde görev yapmakta olan idari personeller üzerine yaptığı boreout, kariyer uyumluluğu ve aile-iş zenginleştirme etkileşimi konulu çalışmada, örgütler için boreoutun iş görenler üzerinde olumsuz sonuçlar oluşturduğu ve bu sonuçları en aza indirecek düzenlemelerin yapılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

11. SONUÇ

Boreout sendromu, işte anlamsızlık ve meydan okumaların eksikliğiyle ortaya çıkan bir sonuçtur. Anlamlı görevler ve meydan okuyucu işler sunulmadığında çalışan motivasyonu ve bağlılığı düşer. Kısa vadeli üretkenlik görünse bile uzun vadede iş tatmini, stres yönetimi ve performans olumsuz etkilenir. İletişim eksikliği, kariyer gelişimi fırsatlarının yetersizliği ve görev tasarımındaki tekdüzelik bu durumu körükler. Çözüm olarak anlamlı iş tasarımı, görev çeşitliliği, geri bildirim ve gelişim fırsatlarının entegrasyonu öne çıkar. Boreout'un etkili yönetimi, örgütsel yapı ve kültürde anlam, destek ve katılım odaklı değişikliklerle mümkün olur.

KAYNAKÇA

Abubakar, A. M. (2020). Using hybrid SEM–artificial intelligence: Approach to examine the nexus between boreout, generation, career, life and job satisfaction. Personnel Review, 49(1), 67-86. https://doi.org/10.1108/PR-06-2017-0180

Amarat, M., & Öztürk, H. (2023). Kuşaklar arası boreout sendromunun belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi, 5(1), 9-13. https://doi.org/10.47542/sauied.1250963

Bakker, A. B., M. Van Veldhoven, & D. Xanthopoulou. (2010). Beyond the demand-control model. Thriving on high job demands and resources. Journal of Personnel Psychology 9 (1): 3–16.

Cürten, S. (2013). Boreout Syndrom und coaching. Organisationsberatung, Supervision, Coaching, 20(4), 473-478.

Çağatay, Ü. (2022). *Eğitim yöneticilerinin yöneticilikten ayrılma niyetleri ile bıkkınlık ve tükenmişlik düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi (*Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İzmir Demokrasi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.

Çiftçi, G. E. & Gürer, A. (2019). Boreout sendromunun sosyal kaytarma üzerindeki etkisine yönelik bir alan araştırması. 3rd International EMI Entrepreneurship & Social Sciences Congress, 28-30 June 2019, Lefkoşa, 59-74

Demir, Ö., Yalım, Ç., & Narlıkaya, Z. (2020). İşyerinde Can Sıkıntısı Ve Çözüm Önerileri Üzerine Teorik Bir Çalışma. Fırat Üniversitesi, İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4(2), 147-166.

Dutton, J. E., L. M. Roberts, & J. Bednar. 2010. Pathways for positive identity construction at work: Four types of positive identity and the building of social resources. Academy of Management Review 35 (2): 265–93.

García-González, B.E., Villavicencio-Ayub, E. & García, M. (2018). Síndrome de Boreout en trabajadores baby boomers, xy millennials de la Ciudad de México. Psicología Iberoamericana, 26(2), 88-95.

Halawi, A. H., & Mousseitbeh, B. C. (2014). The influence of organizational commitment on performance in lebanese banks. International Conferance of Business and Envionmental Sustainability, 11.

Karadal, H., Abubakar, A. M., & Erdem, A. T. (2018). Boreout, kariyer uyumluluğu ve aile-iş zenginleştirme etkileşimi: Selçuk Üniversitesi örneği. Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 18(35), 41-63. https://doi.org/10.30976/susead.366393

Kerce, E. W. (1985). Boredom at work: Implications for the design of jobs with variable requirements. Navy Personnel Research and Development Cen-ter. San Diego, California.

Loukidou, L., J. Loan-Clarke, & K. Daniels. 2009. Boredom in the workplace: More than monotonous tasks. International Journal of Management Reviews 11 (4): 381–405

Merdan, E., Erdem, A.T. & Gümüşsoy, Y. (2022). Boreout sendromunun üretkenlik karşıtı iş davranışı üzerine etkisinde sanal kaytarmanın aracılık rolü, BMİJ 10(1): 176-191. https://doi.org/10.15295/bmij.v10i1.1983

Moris, H., & Nedosugova, A. B. (2019, July). Coaching as instrument to identity and remedy for boreout syndrome with employees. In 2nd International Conference on Education Science and Social Development (ESSD 2019) (pp. 138-141). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/essd-19.2019.30

Rothlin, P., & Werder, P. R. (2007). *Diagnose Boreout: Warum Unterforderung im Job krank macht*. München: Redline Wirtschaft

Rothlin, P., & P. Werder. (2008). Boreout! Overcoming workplace demotivation. Philadelphia, PA: Kogan Page Limited

Sezgin, E. E., & Düşükcan, M. (2020). Hemşirelerin öz yeterlilik inanç düzeylerinin performansları üzerindeki etkisi: Elazığ ili örneği. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9(3), 1689-1702. https://doi.org/10.33206/mjss.536372

Stock, R. M. (2015). Is boreout a threat to frontline employees' innovative work behavior? Journal of Product Innovation Management, 32(4), 574–592. DOI: 10.1111/jpim.12239.

Sürücü, L., & Yıkılmaz, İ. (2022). Boreout (iş yerinde sıkılma) ölçeğinin Türkçe formu: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* 72, 64-77. Doi: 10.51290/dpusbe.1018823

YEREL KALKINMA POLİTİKALARI ÇERÇEVESİNDE SAMSUN'DA NEET GENÇLERE YÖNELİK GİRİŞİMCİLİK VE İSTİHDAM UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME

Tuğba YAYLA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Girişimcilik ve Yenilikçilik (Dspl), Samsun

Doç.Dr. Ali KAHRAMANOĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sigortacılık ve Aktüerya Bilimleri Bölümü, Samsun.

ÖZET

NEET (Not in Education, Employment or Training) kavramı; eğitimde, istihdamda veya mesleki eğitimde yer almayan gençleri ifade etmektedir. Son yıllarda genç işsizliğinin artmasıyla birlikte NEET gençler, sosyal politika ve kalkınma politikalarının önemli çalışma alanlarından biri haline gelmiştir. Türkiye'de genç istihdamı ve girişimcilik politikaları, kalkınma planları, ulusal strateji belgeleri ve yerel kalkınma politikaları kapsamında çok paydaşlı bir yapıyla yürütülmektedir. Özellikle Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Gençlik ve Spor Bakanlığı, Millî Eğitim Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, kalkınma ajansları, üniversiteler ve yerel yönetimler tarafından gençlerin iş gücü piyasasına katılımını artırmaya yönelik çeşitli destek programları uygulanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de genç istihdamı ve girişimcilik alanında geliştirilen politika belgelerinin Samsun'daki uygulama örneklerini incelemektir. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi ve yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda Samsun Büyükşehir Belediyesi, Samsun Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğü (İŞKUR), Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP), Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA), Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı Samsun Müdürlüğü (KOSGEB), Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu İl Koordinatörlüğü (TKDK), Sosyal Güvenlik İl Müdürlüğü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Üniversitesi, Samsun Teknopark, ilçe belediyeleri ve yerel kamu kurumları tarafından yürütülen faaliyetler değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda Samsun'da girişimcilik eğitimleri, dijital beceri programları, kariyer danışmanlığı hizmetleri ve teknoloji odaklı girişimcilik faaliyetlerinin yaygınlaştığı görülmüştür. Ayrıca kurumlar arası iş birliğinin güçlendiği ve ulusal gençlik politikalarının yerel düzeyde uygulanabilirliğinin arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte kırsal bölgelerde yaşayan NEET gençlerin destek programlarına erişiminin sınırlı olduğu, faaliyetlerin daha çok kent merkezlerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca bazı gençlerin işsizlik sürecine bağlı olarak motivasyon kaybı, umutsuzluk ve girişimcilik konusunda özgüven eksikliği yaşadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, gençlere yönelik politikaların daha kapsayıcı, sürdürülebilir ve psikososyal destek odaklı biçimde geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir

Anahtar Kelimeler: NEET, genç istihdamı, girişimcilik, yerel kalkınma, Samsun

AN ANALYSIS OF ENTREPRENEURSHIP AND EMPLOYMENT PRACTICES FOR NEET YOUTH IN SAMSUN WITHIN THE FRAMEWORK OF LOCAL DEVELOPMENT POLICIES

ABSTRACT

The concept of NEET (Not in Education, Employment or Training) refers to young individuals who are not involved in education, employment, or vocational training. In recent years, with the increase in youth unemployment, NEET youth have become one of the significant areas of social and development policies. In Türkiye, youth employment and entrepreneurship policies are carried out through a multi-stakeholder structure within the framework of development plans, national strategy documents, and

local development policies. In particular, various support programs aimed at increasing young people's participation in the labor market are implemented by the Ministry of Labour and Social Security, the Ministry of Youth and Sports, the Ministry of National Education, the Ministry of Agriculture and Forestry, the Ministry of Industry and Technology, development agencies, universities, and local governments. The aim of this study is to examine the implementation examples of policy documents developed in the field of youth employment and entrepreneurship in Samsun. In the study, document analysis and semi-structured interview methods, which are among qualitative research methods, were used. Within this scope, activities carried out by Samsun Metropolitan Municipality, Samsun Provincial Directorate of the Turkish Employment Agency (İŞKUR), Eastern Black Sea Project Regional Development Administration (DOKAP), Middle Black Sea Development Agency (OKA), Small and Medium Enterprises Development Organization Samsun Directorate (KOSGEB), Provincial Coordination Unit of the Agriculture and Rural Development Support Institution (TKDK), Provincial Directorate of Social Security Institution, Ondokuz Mayıs University, Samsun University, Samsun Technopark, district municipalities, and local public institutions were evaluated. As a result of the research, it was observed that entrepreneurship trainings, digital skills programs, career counseling services, and technology-oriented entrepreneurship activities have become widespread in Samsun. In addition, institutional cooperation has strengthened and the local applicability of national youth policies has increased. However, it was determined that NEET youth living in rural areas have limited access to support programs and that most activities are concentrated in urban centers. Furthermore, it was observed that some young people experience loss of motivation, hopelessness, and lack of self-confidence regarding entrepreneurship due to unemployment. This situation indicates that youth-oriented policies should be developed in a more inclusive, sustainable, and psychosocial support-oriented manner.

Keywords: NEET, youth employment, entrepreneurship, local development, Samsun

GİRİŞ

Genç işsizliği günümüzde yalnızca ekonomik değil aynı zamanda sosyal dışlanma, yoksulluk ve toplumsal kırılganlık açısından da önemli bir sorun alanı oluşturmaktadır. Eğitim sisteminin dışında kalan, herhangi bir işte çalışmayan ve mesleki eğitim süreçlerine katılmayan genç bireyler "NEET" olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2023). NEET göstergesi günümüzde gençlerin işgücü piyasasına entegrasyonunu ölçmede önemli sosyal göstergelerden biri olarak kabul edilmektedir.

Literatürde NEET gençler aktif NEET ve pasif NEET olmak üzere iki temel grupta ele alınmaktadır. Aktif NEET gençler çalışmak isteyen ve iş arayan ancak istihdamda bulunmayan bireylerden oluşurken, pasif NEET gençler işgücü piyasasına katılmayan ve aktif olarak iş aramayan bireyleri ifade etmektedir (Serracant, 2014). Özellikle pasif NEET grubunda yer alan gençlerin uzun süreli işsizlik, sosyal dışlanma, psikolojik sorunlar ve yoksulluk riski ile daha fazla karşı karşıya kaldıkları belirtilmektedir (Bynner & Parsons, 2002).

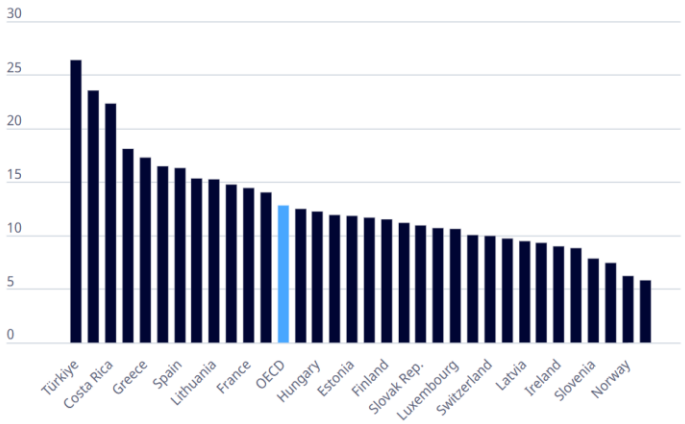
Özellikle son yıllarda genç işsizlik oranlarının artması, gençlerin iş gücü piyasasına geçiş süreçlerinde yaşadığı sorunları daha görünür hâle getirmiştir. NEET gençlerin işsiz kalmalarında yalnızca ekonomik nedenler değil; deneyim eksikliği, beceri uyumsuzluğu, sosyal eşitsizlikler, yaşanılan bölgenin özellikleri ve eğitim sisteminden kaynaklanan sorunlar da etkili olmaktadır (Şahin, 2024)

Türkiye'de genç istihdamı ve girişimcilik politikaları çok sayıda kalkınma planı ve strateji belgesi çerçevesinde şekillenmektedir. Türkiye'de yapılan araştırmalar, NEET olma riskinin özellikle düşük eğitim düzeyine sahip gençlerde, kadınlarda ve dezavantajlı bölgelerde yaşayan bireylerde daha yüksek olduğunu göstermektedir (Çakmak, 2022; Kılıç, 2014). On İkinci Kalkınma Planı'nda gençlerin dijital becerilerinin geliştirilmesi, girişimcilik kapasitesinin artırılması ve üretken iş gücüne katılımının desteklenmesi temel hedefler arasında yer almaktadır (Strateji ve Bütçe Başkanlığı [SBB], 2023). Bunun yanında Ulusal Genç İstihdam Stratejisi ve Eylem Planı'nda NEET gençlerin iş gücü piyasasına entegrasyonu, aktif işgücü politikalarının yaygınlaştırılması ve genç girişimciliğinin desteklenmesi öncelikli politika alanları arasında gösterilmektedir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı [ÇSGB], 2021).

Gençlik ve Spor Bakanlığı tarafından hazırlanan Ulusal Gençlik ve Spor Politikası Belgesi'nde gençlerin sosyal hayata katılımı, gönüllülük faaliyetleri, kariyer gelişimi ve girişimcilik faaliyetlerinin desteklenmesi amaçlanmaktadır (Gençlik ve Spor Bakanlığı [GSB], 2013). Millî Eğitim Bakanlığı'nın Mesleki ve Teknik Eğitim Politika Belgesi'nde ise gençlerin mesleki yeterliliklerinin geliştirilmesi, uygulamalı girişimcilik eğitimlerinin yaygınlaştırılması ve okul-sanayi iş birliklerinin artırılması hedeflenmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2024).

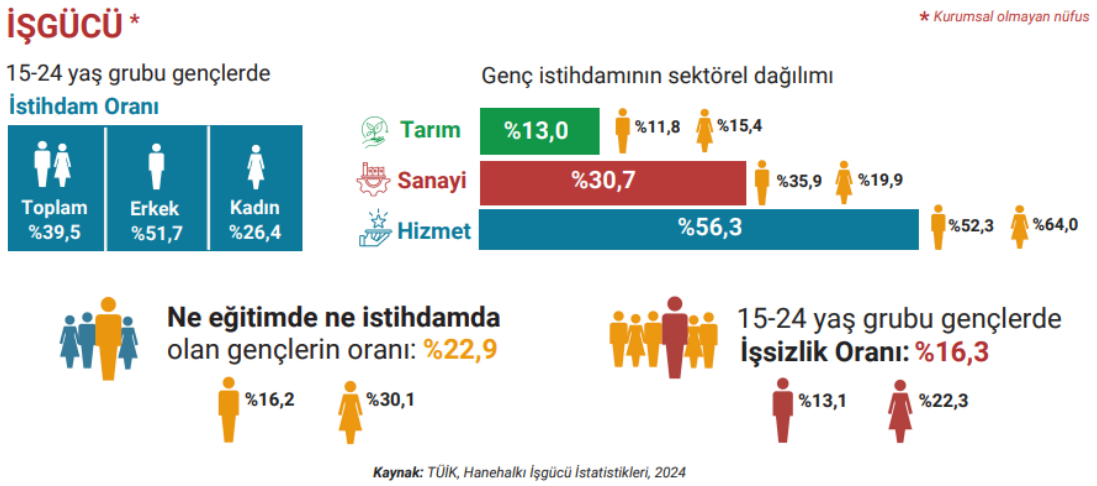
Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi-IV belgesinde kırsalda genç girişimciliğinin desteklenmesi, genç nüfusun üretime yönlendirilmesi ve kırsal istihdamın artırılması temel politika hedefleri arasında yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Özellikle kırsalda yaşayan NEET gençlerin üretim ve girişimcilik süreçlerine katılımını destekleyen politikalar son yıllarda daha görünür hâle gelmiştir.

Yerel kalkınma politikaları yalnızca ekonomik büyümeyi değil aynı zamanda sosyal kapsayıcılığı, girişimcilik kültürünün geliştirilmesini ve gençlerin üretim süreçlerine katılımını da hedeflemektedir. Bu kapsamda Samsun ili; belediyeler, kalkınma ajansları, üniversiteler, teknoparklar ve kamu kurumları aracılığıyla genç istihdamı ve girişimcilik alanında çok paydaşlı projelerin yürütüldüğü önemli şehirlerden biri hâline gelmiştir.



Şekil 1. *İşsiz, eğitimsiz veya staj yapmayan 15-29 yaş arası gençler (OECD, 2024)*

Türkiye, OECD ülkeleri arasında NEET oranlarının yüksek olduğu ülkelerden biri olarak dikkat çekmektedir. Türkiye'de eğitimde, öğretimde ve istihdamda olmayan gençlerin oranının Avrupa ülkeleriyle karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu ve bunun yapısal bir sorun alanına işaret ettiği belirtilmektedir (BETAM, 2025; OECD, 2023). Özellikle genç kadınlar, düşük gelirli hanelerde yaşayan bireyler ve kırsal bölgelerde yaşayan gençlerin NEET olma riskinin daha yüksek olduğu çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuştur (Kılıç, 2014; Özdemir, 2022). Bu durum gençlere yönelik istihdam, girişimcilik ve sosyal politika uygulamalarının önemini artırmaktadır.



Şekil 2. *Türkiye'de Gençlerin İstihdam, İşsizlik ve NEET Durumu (2024)*

Şekil 2 incelendiğinde, Türkiye'de 15-24 yaş grubundaki gençlerin %22,9'unun ne eğitimde ne istihdamda olduğu görülmektedir. Ayrıca genç işsizlik oranının %16,3 düzeyinde olduğu ve kadın gençlerin hem işsizlik hem de NEET oranlarının erkeklere kıyasla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bu veriler, gençlerin işgücü piyasasına katılımında önemli yapısal sorunların bulunduğunu ve özellikle kadın gençlerin daha kırılgan bir konumda yer aldığını göstermektedir. Gençlerin eğitimden istihdama geçiş süreçlerinde karşılaştıkları güçlükler, aktif işgücü politikaları, girişimcilik destekleri ve yerel kalkınma uygulamalarının önemini artırmaktadır. Bu çerçevede Samsun'da genç istihdamı ve girişimciliği desteklemeye yönelik uygulamaların incelenmesi, NEET gençlerin işgücü piyasasına entegrasyonuna yönelik yerel politika ve uygulamaların değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Son yıllarda genç işsizliği ile mücadelede aktif işgücü politikaları, girişimcilik destekleri, dijital beceri eğitimleri ve kariyer danışmanlığı hizmetleri ön plana çıkmaktadır. OECD ve Avrupa Birliği raporlarında gençlerin girişimcilik ekosistemlerine dahil edilmesi, dijital yetkinliklerinin artırılması ve mentorluk mekanizmalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir (OECD, 2023; Eurofound, 2021). Benzer şekilde Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), gençlerin sürdürülebilir istihdama erişiminde eğitim-istihdam geçişini destekleyen bütüncül politikaların önemini vurgulamaktadır (ILO, 2024).

Yerel kalkınma politikaları yalnızca ekonomik büyümeyi değil, aynı zamanda sosyal kapsayıcılığı, insan sermayesinin geliştirilmesini ve dezavantajlı grupların üretim süreçlerine katılımını da hedeflemektedir (Pike, Rodríguez-Pose & Tomaney, 2017). Bu nedenle NEET gençlerin girişimcilik ve istihdam süreçlerine dahil edilmesi yerel kalkınma politikalarının önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle yerel yönetimler, kalkınma ajansları, üniversiteler ve kamu kurumları tarafından yürütülen girişimcilik ve istihdam programları gençlerin işgücü piyasasına katılımlarını destekleyen önemli araçlar olarak görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de genç istihdamı ve girişimcilik alanında geliştirilen politika belgelerinin Samsun'daki uygulama örneklerini incelemek ve yerel kalkınma politikaları çerçevesinde NEET gençlere yönelik uygulamaları değerlendirmektir

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi ve yarı yapılandırılmış görüşme teknikleri kullanılmıştır. Araştırmanın amacı doğrultusunda Samsun ilinde genç istihdamı, girişimcilik ve yerel kalkınma alanlarında faaliyet gösteren kamu kurumları, yerel yönetimler, kalkınma ajansları, üniversiteler, teknoparklar ve ilgili kuruluşlar incelenmiştir.

Araştırma kapsamında Samsun Büyükşehir Belediyesi, Samsun Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğü (İŞKUR), Sosyal Güvenlik Kurumu İl Müdürlüğü, Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA), Doğu

Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP), Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB), Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Üniversitesi, Samsun Teknopark ve ilgili diğer kurumlar ziyaret edilmiştir.

Veri toplama sürecinde Samsun'da 10 farklı kurumda gençlik, istihdam, girişimcilik ve proje faaliyetlerinden sorumlu personel ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler sırasında katılımcılara temel olarak "Ne eğitimde ne istihdamda olan (NEET) gençlere yönelik hangi faaliyetleri yürütüyorsunuz?", "Genç istihdamını artırmaya yönelik hangi projeleri uyguluyorsunuz?" ve "Genç girişimciliğini desteklemek amacıyla hangi destek ve programlar sunulmaktadır?" soruları yöneltilmiştir.

Görüşmeler sırasında araştırmacı tarafından notlar alınmış ve elde edilen bilgiler kurumların stratejik planları, faaliyet raporları, proje dokümanları, resmi internet siteleri ve politika belgeleri ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Böylece veri çeşitliliği sağlanmış ve bulguların güvenilirliğinin artırılması amaçlanmıştır.

Elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiş; genç istihdamı, girişimcilik, dijital beceriler, kariyer danışmanlığı, kırsal kalkınma, sosyal girişimcilik ve NEET gençlere yönelik uygulamalar temaları altında sınıflandırılmıştır. Bulgular yerel kalkınma politikaları çerçevesinde yorumlanarak Samsun örneği üzerinden değerlendirilmiştir. Uluslararası literatürde NEET gençlere yönelik politikaların kariyer danışmanlığı, mesleki eğitim, dijital beceri geliştirme ve girişimcilik destekleri etrafında şekillendiği görülmektedir (OECD, 2023; Eurofound, 2021). Bu kapsamda Samsun'da uygulanan faaliyetler uluslararası uygulamalarla benzerlik göstermektedir.

Tablo 1. *Samsun'da Kurumlar ve NEET Gençlere Yönelik Faaliyetler*

Kurum/Kuruluş	**NEET Gençlere Yönelik Faaliyetler**	**Faaliyet Alanı / Katkısı**
Samsun Büyükşehir Belediyesi	Samsun Gönüllüsü, Genç Ar-Ge Hackathonu, Petek Genç Kariyer Buluşmaları, Samsun'u Keşfet Şehrini Farket, Yeni Nesil Yeteneklerin Sosyal İnovasyon Alanında Güçlendirilmesi Çalıştayı, İstihdam ve Kariyer Merkezi	Gençlerin sosyal katılımını, kent aidiyetini, gönüllülük bilincini, kariyer gelişimini ve sosyal girişimcilik kapasitesini desteklemektedir.
Samsun Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğü (İŞKUR)	Kariyer danışmanlığı, iş kulüpleri, işbaşı eğitim programları, mesleki eğitim kursları, NEETPRO projesi, GÜÇ – Gençliğin Üretim Çağı Programı, NEET İşgücü Uyum Programı (NİUP), İŞKUR Gençlik Programı	NEET gençlerin işgücü piyasasına geçişini kolaylaştırmakta; mesleki beceri, dijital yetkinlik, iş deneyimi ve kariyer yönlendirmesi sağlamaktadır.
Sosyal Güvenlik Kurumu İl Müdürlüğü (SGK)	Kayıtlı İstihdama Geçiş Programı (KİGEP), Kayıtlı Kadın İstihdamının Desteklenmesi Projesi (KAYİST) : WOMEN Up projeleri, Alo 170 bilgilendirme hizmeti	Gençlerin ve kadın girişimcilerin kayıtlı istihdama katılımını desteklemekte; sosyal güvenlik hakları, işsizlik ödeneği ve istihdam destekleri konusunda bilgiye erişim sağlamaktadır.
Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA)	TR83 Bölge Planı kapsamında girişimcilik ekosisteminin geliştirilmesi, genç istihdamının artırılması, dijital dönüşüm faaliyetleri	Bölgesel kalkınma perspektifiyle gençlerin kariyer olanaklarına, iş/staj fırsatlarına ve girişimcilik ekosistemine erişimini desteklemektedir.
Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP)	DOKAP Bölge Kalkınma Programı Eylem Planı kapsamında genç girişimciliği, kırsal kalkınma ve üretime katılım faaliyetleri	Gençlerin özellikle kırsal alanlarda üretim süreçlerine katılımını ve yerel kalkınmaya dahil olmasını desteklemektedir.

Kurum/Kuruluş	NEET Gençlere Yönelik Faaliyetler	Faaliyet Alanı / Katkısı
KOSGEB Samsun Müdürlüğü	Uygulamalı girişimcilik eğitimleri, mentorluk faaliyetleri, iş geliştirme destekleri, teknoloji tabanlı girişimcilik destekleri, genç girişimcilere yönelik finansman destekleri	Gençlerin kendi işlerini kurmalarını, girişimcilik niyetlerini geliştirmelerini ve finansmana erişimlerini kolaylaştırmaktadır.
Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK) Samsun İl Koordinatörlüğü	IPARD destekleri, genç ve kadın girişimcilere pozitif ayrımcılık, kırsal turizm, hayvancılık, arıcılık, gıda işleme, tarımsal işletme kurma destekleri, proje hazırlama eğitimleri, hibe bilgilendirme toplantıları	Kırsalda yaşayan gençlerin ve kadınların girişimcilik ekosistemine katılımını, üretime yönelmesini ve kırsal göçün azaltılmasını desteklemektedir.
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	NEETPRO projesi iş birliği, kariyer etkinlikleri, girişimcilik faaliyetleri, proje yazma eğitimleri, teknoloji transfer ve ön kuluçka faaliyetleri, Orta Karadeniz Kariyer Fuarı (OKAF-2026)	Gençlerin dijital becerilerini, teknik yetkinliklerini, girişimcilik kapasitelerini ve işgücü piyasasına geçiş olanaklarını geliştirmektedir.
Samsun Üniversitesi	Girişimcilik, inovasyon ve teknoloji transfer faaliyetleri, kariyer ve proje geliştirme etkinlikleri	Üniversite temelli girişimcilik ekosisteminin gelişmesine, gençlerin yenilikçi iş fikirleri üretmesine ve istihdam edilebilirlik becerilerinin artmasına katkı sağlamaktadır.
Samsun Teknopark	BİGGSAMSUN programı, TÜBİTAK destekli iş geliştirme faaliyetleri, teknoloji tabanlı girişimcilik destekleri, ön kuluçka ve mentorluk faaliyetleri	Genç girişimcilerin teknoloji odaklı iş fikirlerini geliştirmelerine, yenilikçi girişim kurmalarına ve üniversite-sanayi iş birliği süreçlerine katılmalarına destek olmaktadır.
Samsun İl Millî Eğitim Müdürlüğü	Samsun Genç Girişim Zirvesi, SAKEP Samsun Kariyer Gelişim Projesi, mesleki eğitim faaliyetleri	Lise çağındaki gençlerin girişimcilik, takım çalışması, liderlik, inovasyon ve kariyer planlama becerilerini geliştirmektedir.
Sivil Toplum Kuruluşları	Samsun Genç İş İnsanları Derneği, MÜSİAD Samsun Şubesi, Samsun Kent Konseyi Gençlik Meclisi ve TÜGVA Samsun Temsilciliği tarafından yürütülen girişimcilik seminerleri, kariyer etkinlikleri, liderlik eğitimleri ve gönüllülük faaliyetleri	Gençlerin sosyal sermayesini, aktif vatandaşlık becerilerini, liderlik kapasitesini ve istihdam edilebilirlik düzeyini artırmaktadır.

Tablo 1'de görüldüğü üzere Samsun'da NEET gençlere yönelik faaliyetler çok paydaşlı bir yapı içerisinde yürütülmektedir. Yerel yönetimler sosyal katılım ve gönüllülük faaliyetleriyle, İŞKUR aktif işgücü politikalarıyla, KOSGEB ve TKDK girişimcilik ve kırsal kalkınma destekleriyle, üniversiteler ve teknopark ise teknoloji tabanlı girişimcilik ve beceri geliştirme faaliyetleriyle sürece katkı sağlamaktadır. Bu durum, Samsun'da NEET gençlere yönelik uygulamaların yalnızca istihdam odaklı değil; aynı zamanda sosyal kapsayıcılık, girişimcilik, dijital beceri geliştirme ve yerel kalkınma boyutlarını içeren bütüncül bir yapıda geliştiğini göstermektedir.

Türkiye'de genç istihdamı politikalarının yerel düzeyde uygulanmasına ilişkin önemli örneklerden biri Samsun Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen faaliyetlerdir. Belediyenin 2020–2024 Stratejik Planı'nda gençlerin sosyal, kültürel ve ekonomik gelişimlerinin desteklenmesi temel hedefler arasında yer almaktadır (Samsun Büyükşehir Belediyesi, 2020). Samsun Büyükşehir Belediyesi'nin gençlere yönelik gönüllülük, kariyer gelişimi ve sosyal inovasyon faaliyetleri, yerel yönetimlerin gençlerin sosyal katılımını ve yerel karar alma süreçlerine dahil olmalarını desteklemesi gerektiğini vurgulayan gençlik politikaları yaklaşımıyla uyumludur (Samsun Büyükşehir Belediyesi, 2025) Bu kapsamda yürütülen "Samsun Gönüllüsü" projesiyle gençlerin sosyal sorumluluk, çevre bilinci ve kent aidiyeti alanlarında aktif katılımı desteklenmiştir. Bunun yanında "Genç Ar-Ge Hackathonu", "Petek Genç Kariyer

Buluşmaları" ve "Samsun'u Keşfet Şehrini Farket" projeleri aracılığıyla gençlerin girişimcilik, sosyal inovasyon ve kariyer gelişim süreçlerine katkı sağlanmıştır.

Samsun Büyükşehir Belediyesi koordinasyonunda gerçekleştirilen "Yeni Nesil Yeteneklerin Sosyal İnovasyon Alanında Güçlendirilmesi Çalıştayı" ise gençlerin sosyal inovasyon ve toplumsal etki odaklı proje geliştirme süreçlerine katılımını destekleyen önemli uygulamalardan biri olmuştur. Çalıştay kapsamında üniversite öğrencileri sürdürülebilirlik, gönüllülük ve yerel kalkınma temelli sosyal inovasyon projeleri geliştirmiştir. Bu uygulamalar gençlerin yalnızca istihdama değil aynı zamanda sosyal girişimcilik süreçlerine de katılımını desteklemektedir. Bu durum sosyal girişimcilik ve sosyal inovasyon uygulamalarının gençlerin toplumsal sorunların çözümüne katılımını artırdığı yönündeki çalışmalarla uyumludur (Mair & Martí, 2006).

Samsun Büyükşehir Belediyesi bünyesinde faaliyet gösteren İstihdam ve Kariyer Merkezi de gençlerin işgücü piyasasına katılımını destekleyen önemli uygulamalardan biri olarak öne çıkmaktadır. Merkez aracılığıyla iş arayanlar ile işverenlerin bir araya getirilmesi, kariyer danışmanlığı hizmetleri sunulması, iş ve staj ilanlarının paylaşılması ve gençlerin istihdam süreçlerine yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca kariyer planlaması, iş arama becerileri ve mesleki yönlendirme faaliyetleri ile gençlerin işgücü piyasasına geçiş süreçlerinin desteklendiği görülmektedir. Samsun Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen bu uygulamalar, yerel yönetimlerin gençlerin istihdam edilebilirlik düzeylerini artırmaya yönelik aktif rol üstlenebileceğini göstermektedir. Kariyer merkezleri ve danışmanlık hizmetleri gençlerin eğitimden istihdama geçiş süreçlerini kolaylaştıran ve işgücü piyasasına uyumlarını destekleyen önemli mekanizmalar arasında değerlendirilmektedir (OECD, 2023; Eurofound, 2021).

Yerel yönetimlerin gençlerin sosyal katılımını artıran faaliyetleri, sosyal sermayenin güçlenmesine ve gençlerin toplumsal aidiyetlerinin gelişmesine katkı sağlamaktadır (Putnam, 2000). Bu nedenle belediyeler tarafından yürütülen gönüllülük ve sosyal inovasyon projeleri gençlerin sosyal dışlanma riskini azaltan uygulamalar arasında değerlendirilmektedir (Eurofound, 2021). Yerel yönetimler gençlerin sosyal, kültürel ve ekonomik gelişimlerini destekleyen temel aktörlerden biri olarak değerlendirilmekte; belediyelerin gençlik merkezleri, kariyer programları ve gönüllülük faaliyetleri aracılığıyla gençlerin yerel kalkınma süreçlerine katılımını artırmaları beklenmektedir

Bölgesel kalkınma ve genç istihdamı politikalarının önemli uygulama alanlarından biri de Orta Karadeniz Kariyer Fuarı'dır (OKAF) Cumhurbaşkanlığı İnsan Kaynakları Ofisi koordinasyonunda gerçekleştirilen OKAF, üniversite öğrencileri ve genç mezunların kamu kurumları ve özel sektör temsilcileriyle bir araya gelmesini sağlamaktadır. Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nin koordinasyonunda gerçekleştirilen fuar kapsamında kariyer söyleşileri, girişimcilik etkinlikleri, insan kaynakları görüşmeleri ve iş/staj fırsatları sunulmaktadır. Bu faaliyetler gençlerin iş gücü piyasasına geçiş süreçlerini kolaylaştırmayı amaçlayan önemli uygulamalar arasında yer almaktadır (OKA, 2024). Kariyer fuarları ve işveren-genç buluşmaları okuldan işe geçiş sürecini kolaylaştıran önemli araçlar olarak değerlendirilmektedir (Copps & Keen, 2012).

Ulusal Genç İstihdam Stratejisi'nin Samsun'daki önemli uygulayıcı kurumlarından biri de İŞKUR'dur. İŞKUR tarafından yürütülen aktif işgücü politikaları kapsamında kariyer danışmanlığı, iş kulüpleri, işbaşı eğitim programları ve mesleki eğitim faaliyetleri gerçekleştirilmektedir (Türkiye İş Kurumu [İŞKUR], 2024). Özellikle Ondokuz Mayıs Üniversitesi ile ortak yürütülen "Bu Gençlikten İyi İş Çıkarabilir" adlı NEETPRO projesi kapsamında NEET gençlere dijital beceri, endüstriyel otomasyon ve yenilenebilir enerji alanlarında eğitimler verilmiştir. Dijital beceri eğitimleri ve teknik yetkinlik programlarının gençlerin işgücü piyasasındaki rekabet gücünü artırdığı belirtilmektedir (European Commission, 2022; OECD, 2023).

Ayrıca Samsun İŞKUR danışmanı ile yüz yüze görüşme gerçekleştirilmiş ve yapılan faaliyetler hakkında bilgi edinilmiştir. Samsun İŞKUR'da 44 danışmanın NEET gençlere yönelik danışmanlık hizmeti sunduğu belirtilmiştir. İŞKUR danışmanı, kırsalda yaşayan NEET kadınlara ve kendi işini kurmak isteyen kadınlara yönelik çevrim içi seminerler düzenlediklerini, ancak ulaşılan kişilerin yaklaşık %20'sinden olumlu geri dönüş aldıklarını ifade etmiştir. Kırsal bölgelerde yaşayan gençlerin eğitim, danışmanlık ve finansman kaynaklarına erişimlerinin daha sınırlı olduğu belirtilmektedir (OECD, 2023; BETAM, 2025) Balıkesir ilinde gerçekleştirilen alan araştırmasında da NEET gençlerin

önemli bir bölümünün iş bulma sürecinde deneyim eksikliği, kariyer yönlendirmesi yetersizliği ve motivasyon kaybı yaşadığı belirlenmiştir (Özaydın & Darıcı, 2024).

İŞKUR tarafından yürütülen "GÜÇ – Gençliğin Üretim Çağı" programı ise gençlerin eğitimden iş hayatına geçiş süreçlerini destekleyen bütüncül bir model olarak dikkat çekmektedir. Program kapsamında staj desteği, işe ilk adım programı, meslek danışmanlığı, NEET İşgücü Uyum Programı (NİUP) ve üniversite öğrencilerine yönelik İŞKUR Gençlik Programı uygulanmaktadır (İŞKUR, 2025). Özellikle NİUP kapsamında NEET gençlerin sosyal hizmetler, yeşil dönüşüm ve kamu hizmetleri alanlarında deneyim kazanmaları amaçlanmaktadır. (https://guc.iskur.gov.tr/ , 2026).

İŞKUR tarafından yürütülen kariyer danışmanlığı, iş kulüpleri, mesleki eğitim kursları ve işbaşı eğitim programları, Ulusal Genç İstihdam Stratejisi'nde belirtilen gençlerin işgücü piyasasına entegrasyonunu güçlendirmeye yönelik temel politika araçları arasında yer almaktadır (ÇSGB, 2025; İŞKUR, 2025). Gençlere yönelik aktif işgücü politikalarının iş deneyimi eksikliğini azaltarak istihdam edilebilirliği artırdığı ve genç işsizliğinin azaltılmasına katkı sağladığı belirtilmektedir (Gençlere Yönelik Aktif İstihdam Politikaları, 2013). Aktif işgücü piyasası politikalarının genç işsizliğinin azaltılmasında etkili olduğu ve NEET gençlerin istihdama geçiş süreçlerini hızlandırdığı birçok araştırmada vurgulanmaktadır (ILO, 2024; Quintini & Martin, 2014).

Sosyal Güvenlik Kurumu'nun genç istihdamı politikaları ise kayıtlı istihdamın artırılması ekseninde şekillenmektedir. SGK tarafından yürütülen Kayıtlı İstihdama Geçiş Programı (KİGEP), Kayıtlı Kadın İstihdamının Desteklenmesi Projesi (KAYİST) : WOMEN Up projeleri projeleri kapsamında özellikle kadın girişimcilerin ve gençlerin kayıtlı iş gücü piyasasına katılımı desteklenmektedir (Sosyal Güvenlik Kurumu [SGK], 2024). Ayrıca Alo 170 hattı aracılığıyla vatandaşların SGK, İŞKUR ve Mesleki Yeterlilik Kurumu mevzuatlarıyla ilgili bilgiye erişimi sağlanmaktadır. 15 Kasım 2010 tarihinde hizmete başlayan Alo 170 sistemi; gençlerin iş gücü piyasası, sosyal güvenlik hakları, işsizlik ödeneği ve istihdam destekleri konusunda bilgiye hızlı erişimini sağlayan önemli bir sosyal politika aracı olarak değerlendirilmektedir (ÇSGB, 2024).

Genç istihdamı ve girişimcilik politikalarının bölgesel kalkınma boyutu ise Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP) ve Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA) tarafından yürütülen faaliyetlerde görülmektedir. OKA 2024–2028 TR83 Bölge Planı'nda girişimcilik ekosisteminin geliştirilmesi, genç istihdamının artırılması ve dijital dönüşüm temel hedefler arasında yer almaktadır (OKA, 2024). DOKAP Bölge Kalkınma Programı Eylem Planı'nda ise genç girişimciliğinin desteklenmesi, kırsal kalkınma faaliyetlerinin yaygınlaştırılması ve gençlerin üretim süreçlerine katılımının artırılması hedeflenmektedir (DOKAP, 2021).

KOSGEB'in genç girişimcilik politikaları da Samsun'da önemli uygulama alanı bulmuştur. KOSGEB 2024–2028 Stratejik Planı'nda girişimcilik kültürünün yaygınlaştırılması, teknoloji tabanlı girişimciliğin desteklenmesi ve genç girişimcilerin finansmana erişiminin kolaylaştırılması temel hedefler arasında yer almaktadır (KOSGEB, 2024). Samsun'da uygulamalı girişimcilik eğitimleri, mentorluk faaliyetleri, iş geliştirme destekleri ve üniversite–sanayi iş birlikleri kapsamında girişimcilik etkinlikleri düzenlenmektedir. Özellikle genç girişimcilere yönelik 2 milyon TL'ye kadar destek sağlayan programlar gençlerin kendi işlerini kurmalarını teşvik etmektedir. Girişimcilik eğitimleri ve mentorluk hizmetleri gençlerin girişimcilik niyetlerini artırmaktadır (OECD, 2023; Furlong, 2006).

Millî Eğitim Bakanlığı'nın Mesleki ve Teknik Eğitim Politika Belgesi doğrultusunda Samsun İl Millî Eğitim Müdürlüğü koordinasyonunda yürütülen "Samsun Genç Girişim Zirvesi" kapsamında lise çağındaki gençlere girişimcilik, takım çalışması, liderlik ve inovasyon alanlarında eğitimler verilmiştir (MEB, 2024). Ayrıca SAKEP Samsun Kariyer Gelişim Projesi ve mesleki eğitim faaliyetleriyle gençlerin iş gücü piyasasına uyum süreçlerinin desteklendiği görülmektedir. (https://samsunarge.meb.gov.tr/www/sakep-samsun-kariyer-egitim-programi/icerik/313 , 2026).

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi-IV kapsamında kırsalda genç girişimciliğinin desteklenmesi ve üretken iş gücünün artırılması temel hedefler arasında yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Samsun'da bu politikaların uygulayıcı kurumlarından biri olan TKDK Samsun İl Koordinatörlüğü tarafından IPARD II Programı kapsamında özellikle 18–40 yaş arası genç girişimcilere yönelik tarımsal işletme kurma, kırsal turizm, gıda işleme, hayvancılık, arıcılık ve

kırsal ekonomik faaliyetlerin çeşitlendirilmesi alanlarında yüzde 40 ile yüzde 70 arasında değişen hibe destekleri sağlanmıştır (Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu [TKDK], 2024).

TKDK tarafından yürütülen destek politikalarında genç ve kadın girişimcilere yönelik pozitif ayrımcılık uygulamaları dikkat çekmektedir. Özellikle 40 yaş altı girişimcilere proje değerlendirme sürecinde ek 10 puan avantajı sağlanırken bazı yatırım kalemlerinde yüzde 5 ilave hibe desteği uygulanmaktadır. Kadın girişimcilere ise öncelikli değerlendirme ve yatırım kolaylığı sağlanmaktadır (TKDK, 2024). Bunun yanında LEADER yaklaşımı kapsamında Yerel Eylem Gruplarına (YEG) yönelik yüzde 100 hibe desteği sunulmaktadır. Bu uygulamalar kırsalda yaşayan gençlerin girişimcilik ekosistemine katılımını artırmayı amaçlamaktadır. Kırsal bölgelerde yaşayan gençlerin eğitim, danışmanlık ve finansman kaynaklarına erişimlerinin kent merkezlerinde yaşayan gençlere göre daha sınırlı olduğu belirtilmektedir (OECD, 2023). Genç kadınların NEET olma olasılığı erkeklere göre daha yüksek olup, toplumsal cinsiyet rolleri ve bakım sorumlulukları bu durumun temel nedenleri arasında gösterilmektedir (UNDP Türkiye, 2025). Kırsal kalkınma desteklerinin genç nüfusun üretim süreçlerine katılımını artırdığı ve kırsal göçü azaltmada önemli rol oynadığı ifade edilmektedir (OECD, 2023).

TKDK Samsun İl Koordinatörlüğü tarafından ayrıca IPARD çağrı tanıtımları, proje hazırlama eğitimleri, yatırımcı danışmanlığı ve hibe bilgilendirme toplantıları düzenlenmektedir. Desteklenen projeler kapsamında modern hayvancılık, yenilenebilir enerji kullanımı, akıllı tarım uygulamaları ve kırsal turizm yatırımları ön plana çıkmaktadır. Bu faaliyetler gençlerin kırsalda üretim süreçlerine katılımını artırmayı ve kırsal göçü azaltmayı hedeflemektedir. Türkiye'de bölgesel NEET verileri incelendiğinde, kırsal bölgelerde yaşayan gençlerin eğitim ve istihdam olanaklarına erişimlerinin daha sınırlı olduğu görülmektedir (BETAM, 2025).

Samsun'daki üniversiteler ve teknoparklar da genç girişimcilik ekosisteminin önemli bileşenleri arasında yer almaktadır. Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Samsun Üniversitesi stratejik planlarında girişimcilik, inovasyon ve teknoloji transfer faaliyetleri öncelikli alanlar arasında gösterilmektedir (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2024; Samsun Üniversitesi, 2024). Üniversitelerin teknoloji transfer ofisleri tarafından girişimcilik eğitimleri, proje yazma eğitimleri, patent süreçleri ve ön kuluçka programları yürütülmektedir. Samsun Teknopark bünyesinde uygulanan BİGGSAMSUN programı ile genç girişimcilere TÜBİTAK destekli iş geliştirme faaliyetleri sunulmaktadır. Üniversite-sanayi iş birlikleri ve teknoloji transfer mekanizmaları genç girişimcilik ekosistemlerinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır (Etzkowitz ve Leydesdorff, 2000; Audretsch, 2014).

Samsun'da faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşlarının da genç girişimcilik ve sosyal kapsayıcılık alanında önemli faaliyetler yürüttüğü görülmektedir. Özellikle Samsun Genç İş İnsanları Derneği, MÜSİAD Samsun Şubesi, Samsun Kent Konseyi Gençlik Meclisi ve Türkiye Gençlik Vakfı Samsun Temsilciliği tarafından girişimcilik seminerleri, kariyer etkinlikleri, liderlik eğitimleri ve sosyal girişimcilik faaliyetleri yürütülmektedir. Sivil toplum kuruluşları tarafından yürütülen girişimcilik, liderlik ve gönüllülük faaliyetleri gençlerin sosyal sermayelerinin güçlendirilmesi ve aktif vatandaşlık becerilerinin geliştirilmesi açısından önemli katkılar sağlamaktadır (Türkiye Gençlik Araştırması, 2023; Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü, 2024). Sivil toplum kuruluşlarının yürüttüğü liderlik, girişimcilik ve gönüllülük faaliyetleri gençlerin sosyal sermayelerini ve istihdam edilebilirlik becerilerini artırmaktadır (Putnam, 2000).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Araştırma sonucunda Türkiye'de genç istihdamı ve girişimcilik alanında geliştirilen politika belgelerinin Samsun'da önemli ölçüde uygulama alanı bulduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, gençlerin işgücü piyasasına geçiş süreçlerinde kariyer danışmanlığı, girişimcilik eğitimleri, dijital beceri geliştirme programları ve aktif işgücü politikalarının önemli rol oynadığını ortaya koyan uluslararası çalışmalarla benzerlik göstermektedir (OECD, 2023; Eurofound, 2021; ILO, 2024).

Araştırmada Samsun'da belediyeler, üniversiteler, kalkınma ajansları ve kamu kurumları arasında geliştirilen iş birliklerinin gençlerin girişimcilik ve istihdam süreçlerine olumlu katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu durum, yerel kalkınmada çok paydaşlı yönetişim modellerinin ekonomik ve sosyal

kalkınmayı desteklediğini ortaya koyan çalışmalarla uyumludur (Rodríguez-Pose, 2013; Pike, Rodríguez-Pose & Tomaney, 2017).

Özellikle İŞKUR tarafından yürütülen aktif işgücü piyasası programları, KOSGEB tarafından sağlanan girişimcilik destekleri ve TKDK tarafından uygulanan kırsal kalkınma hibeleri gençlerin üretim süreçlerine katılımını teşvik etmektedir. Benzer şekilde OECD ve Avrupa Birliği raporlarında gençlerin girişimcilik ekosistemlerine dahil edilmesinin istihdam edilebilirlik düzeylerini artırdığı belirtilmektedir (OECD, 2023; European Commission, 2022).

Araştırma kapsamında kırsal bölgelerde yaşayan NEET gençlerin destek programlarına erişimlerinin sınırlı olduğu ve faaliyetlerin büyük ölçüde kent merkezlerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu bulgu, kırsal bölgelerde yaşayan gençlerin eğitim, istihdam ve finansman kaynaklarına erişimde dezavantajlı konumda olduklarını ortaya koyan araştırmalarla paralellik göstermektedir (OECD, 2023; Eurofound, 2021).

Bunun yanında bazı NEET gençlerin işsizlik sürecine bağlı olarak motivasyon kaybı, umutsuzluk ve girişimcilik konusunda özgüven eksikliği yaşadığı gözlemlenmiştir. NEET statüsünde bulunan bireylerin yaşam deneyimleri incelendiğinde, işsizlik süresinin uzamasının umutsuzluk, özgüven kaybı ve toplumsal dışlanma hissini artırdığı görülmektedir (Şahin, 2024). Genç işsizliğinin çalışma değerleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, uzun süre işsiz kalan gençlerde çalışma motivasyonunun ve gelecek beklentilerinin zayıfladığı görülmektedir (Şahin, 2024). Literatürde uzun süreli NEET olma durumunun psikolojik iyi oluş, sosyal katılım ve yaşam memnuniyeti üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu vurgulanmaktadır (Bynner & Parsons, 2002; Furlong, 2006).

Bu nedenle gelecekte geliştirilecek politikalarda yalnızca istihdam ve girişimcilik desteklerine değil, aynı zamanda mentorluk, kariyer danışmanlığı ve psikososyal destek mekanizmalarına da yer verilmesi önem taşımaktadır. Kariyer danışmanlığı, mentorluk ve bireyselleştirilmiş rehberlik hizmetlerinin NEET gençlerin istihdama geçiş süreçlerinde önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Yıldız, 2016). Sosyal yardım ve sosyal destek mekanizmalarının özellikle genç kadınların NEET statüsünden çıkış süreçlerini kolaylaştırdığı ve işgücüne katılımlarını desteklediği belirtilmektedir (UNDP Türkiye, 2025). Özellikle pasif NEET gençlerin yeniden işgücü piyasasına kazandırılması amacıyla bireyselleştirilmiş destek programlarının geliştirilmesi önerilmektedir (Eurofound, 2021; ILO, 2024).

Türkiye'de NEET eğilimleri incelendiğinde, yükseköğrenim dışında kalan eğitim gruplarında gençlerin NEET statüsünde bulunma riskinin daha yüksek olduğu, ayrıca kadınların erkeklere göre daha fazla NEET olma olasılığı taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle NEET gençlerin eğitim düzeyi, cinsiyet, bölgesel farklılıklar ve işgücü piyasasına katılım durumları açısından ayrıntılı biçimde analiz edilmesi, gençlik politikalarının etkinliği açısından önem taşımaktadır (Taş vd., 2014). Bununla birlikte Türkiye, Avrupa Birliği ve OECD ülkeleriyle karşılaştırıldığında sahip olduğu yüksek genç nüfus oranı sayesinde önemli bir demografik avantaja sahiptir. Türkiye'nin hâlen demografik fırsat penceresi içerisinde bulunduğu; yani çalışma çağındaki nüfusun bağımlı nüfusa oranla daha yüksek olduğu bir dönemden geçtiği belirtilmektedir (Can ve Avcı, 2019). Demografik fırsat penceresi, doğurganlık oranlarının azalmasına karşın yaşlı nüfusun henüz toplam nüfus içinde baskın hale gelmediği ve çalışma çağındaki nüfusun ekonomik kalkınmayı destekleyecek düzeyde yüksek olduğu dönem olarak tanımlanmaktadır (Aysan, 2014).

Bu çerçevede NEET gençlerin eğitim, istihdam ve girişimcilik süreçlerine etkin biçimde katılmalarının sağlanması yalnızca bireysel refah açısından değil, Türkiye'nin sahip olduğu demografik fırsat penceresinin ekonomik ve sosyal kazanımlara dönüştürülebilmesi açısından da stratejik önem taşımaktadır. Aksi durumda genç nüfusun önemli bir bölümünün üretim süreçlerinin dışında kalması, demografik avantajın ekonomik büyüme ve kalkınmaya katkı sunmasını sınırlandırabilecektir. Bu nedenle özellikle kadınlar, kırsal bölgelerde yaşayan gençler ve uzun süreli NEET statüsünde bulunan bireylere yönelik bütüncül politikaların geliştirilmesi; eğitim-istihdam geçişlerinin güçlendirilmesi, girişimcilik ekosistemlerine erişimin artırılması ve psikososyal destek mekanizmalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Samsun örneğinde uygulanan istihdam ve girişimcilik programlarının yaygınlaştırılması ve kırsal alanlara daha etkin ulaştırılması, hem gençlerin üretken bireyler olarak

ekonomiye katılmalarına hem de Türkiye'nin demografik fırsat penceresinden azami düzeyde yararlanmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak Samsun örneği, Türkiye'de genç istihdamı ve girişimcilik politikalarının yerel kalkınma ekseninde uygulanmasına ilişkin önemli bir model sunmaktadır. Araştırma bulguları, On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028), Ulusal Genç İstihdam Stratejisi, Ulusal Gençlik ve Spor Politikası Belgesi ve Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi-IV'te belirlenen hedeflerin Samsun'da önemli ölçüde uygulama alanı bulduğunu göstermektedir. Özellikle genç girişimciliğinin desteklenmesi, dijital becerilerin geliştirilmesi, aktif işgücü politikalarının yaygınlaştırılması ve kırsal gençlere yönelik destek mekanizmalarının güçlendirilmesi konularında yerel uygulamaların ulusal politika belgeleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte uygulamaların sürdürülebilirliğinin sağlanması, kırsal alanlara erişimin artırılması ve kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesi, NEET gençlerin toplumsal ve ekonomik hayata katılımlarının artırılmasında kritik öneme sahiptir (Pike, Rodríguez-Pose ve Tomaney, 2017; SBB, 2023; ÇSGB, 2025; GSB, 2013; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu çalışma, Samsun'da genç istihdamı ve girişimcilik alanında faaliyet gösteren kurum temsilcileriyle gerçekleştirilen görüşmeler ve doküman incelemeleri ile sınırlıdır. Bu nedenle elde edilen bulgular, NEET gençlerin doğrudan deneyimlerini yansıtmamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda NEET gençlerle doğrudan görüşmeler gerçekleştirilmesi, gençlerin karşılaştıkları sorunların, ihtiyaçlarının ve beklentilerinin daha kapsamlı biçimde ortaya konulmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2024). *2024–2028 kadının güçlenmesi strateji belgesi ve eylem planı*. Ankara: Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı.

Audretsch, D. B. (2014). From the entrepreneurial university to the university for the entrepreneurial society. Journal of Technology Transfer, 39(3), 313–321.

Aysan, M. F. (2014). *Türkiye'de nüfus politikaları ve demografik dönüşüm*. İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi, 3(27), 175–205.

BETAM. (2025). *Genç kuşakta ne eğitimde ne istihdamda olanların çok boyutlu analizi*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Ekonomik ve Toplumsal Araştırmalar Merkezi.

Bynner, J., & Parsons, S. (2002). Social exclusion and the transition from school to work: The case of young people not in education, employment, or training (NEET). *Journal of Vocational Behavior, 60*(2), 289–309.

Can, E., & Avcı, M. (2019). *Türkiye'nin demografik fırsat penceresi ve genç nüfus potansiyeli*. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 19(44), 205–220.

Copps, J., & Keen, S. (2012). *Getting back on track: Helping NEETs design their own future*. London: New Philanthropy Capital.

Çakmak, B. Y., & Yiğit, B. (2022). Türkiye'de ne eğitimde ne istihdamda yer almayan genç (NEET) olmak: Sistematik literatür analizi. İçinde A. Özdemir (Ed.), *Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Seçme Yazılar-VI* (ss. 149–165). Sakarya: Değişim Yayınevi.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2021). *Ulusal genç istihdam stratejisi ve eylem planı (2021–2023)*. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2025). *Ulusal genç istihdam stratejisi ve eylem planı*. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

DOKAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı. (2021). *DOKAP Bölge Kalkınma Programı Eylem Planı (2021–2023)*. Giresun: DOKAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.

EGİAD. (2024). *NEET gençler araştırma raporu*. İzmir: Ege Genç İş İnsanları Derneği.

Enstitü Sosyal. (2024). *Ne eğitimde ne işte genç işlevsizliği sorunu*. İstanbul: Enstitü Sosyal.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. Research Policy, 29(2), 109–123.

Eurofound. (2012). *NEETs: Young people not in employment, education or training*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Eurofound. (2021). *Impact of COVID-19 on young people in the EU*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission. (2022). *Digital Economy and Society Index 2022*. Brussels: European Commission.

Furlong, A. (2006). Not a very NEET solution. *Work, Employment and Society, 20*(3), 553–569.

Gençlik ve Spor Bakanlığı. (2013). *Ulusal gençlik ve spor politikası belgesi*. Ankara: Gençlik ve Spor Bakanlığı.

International Labour Organization. (2024). *Global employment trends for youth 2024*. Geneva: ILO.

İŞKUR. (2024). *Faaliyet raporu 2024*. Ankara: Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü.

İŞKUR. (2025). *İstatistiklerle gençlik 2024*. Ankara: Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü.

Kalkınma Bakanlığı. (2014). *Onuncu kalkınma planı gençlik çalışma grubu raporu*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı.

Kılıç, Y. (2014). Young people in Turkey who are not in education, employment or training (NEET). *Education and Science, 39*(175), 121–135.

Konrad Adenauer Stiftung. (2023). *Türkiye gençlik araştırması 2023*. Ankara: Konrad Adenauer Stiftung.

KOSGEB. (2024). *2024–2028 stratejik planı*. Ankara: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı.

Mair, J., & Martí, I. (2006). Social entrepreneurship research: A source of explanation, prediction, and delight. *Journal of World Business, 41*(1), 36–44.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Mesleki ve teknik eğitim politika belgesi*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.

OECD. (2023). *Education at a glance 2023: OECD indicators*. Paris: OECD Publishing.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi. (2024). *2024–2028 stratejik planı*. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı. (2024). *TR83 Bölge Planı (2024–2028)*. Samsun: Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı.

Özaydın, O., & Darıcı, B. (2024). Balıkesir'de yaşayan NEET genç nüfus üzerine bir alan araştırması. *Anadolu İktisat ve İşletme Dergisi*.

Özdemir, M. O. (2022). Youth not in employment, education or training (NEET) in Turkey. *European Journal of Education Studies*.

Pike, A., Rodríguez-Pose, A., & Tomaney, J. (2017). *Local and regional development* (5th ed.). London: Routledge.

Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. New York, NY: Simon & Schuster.

Quintini, G., & Martin, S. (2014). *Same same but different: School-to-work transitions in emerging and advanced economies*. Paris: OECD Publishing.

Rodríguez-Pose, A. (2013). Do institutions matter for regional development? *Regional Studies, 47*(7), 1034–1047.

Samsun Büyükşehir Belediyesi. (2020). *2020–2024 stratejik planı*. Samsun: Samsun Büyükşehir Belediyesi.

Samsun Büyükşehir Belediyesi. (2025). *2025–2029 stratejik planı*. Samsun: Samsun Büyükşehir Belediyesi.

Samsun Üniversitesi. (2024). *2024–2028 stratejik planı*. Samsun: Samsun Üniversitesi.

Serracant, P. (2014). A brute indicator for a NEET case. *Social Indicators Research, 117*(2), 401–419.

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2024). *2024 faaliyet raporu*. Ankara: Sosyal Güvenlik Kurumu Başkanlığı.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *On ikinci kalkınma planı (2024–2028)*. Ankara: Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

Şahin, M. (2024). Ne eğitimde ne istihdamda olan gençlerin (NEET) yaşam deneyimleri: Zorluklar, gereksinimler ve beklentiler. *Gençlik Araştırmaları Dergisi*.

Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu. (2024). *2024–2028 stratejik planı*. Ankara: TKDK.

Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu. (2024). *IPARD III Programı*. Ankara: TKDK.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). *Ulusal kırsal kalkınma stratejisi-IV (2024–2028)*. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). *Kırsal kalkınma ve kırsalda istihdam çalışma belgesi*. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı.

Taş, H. Y. & Bilen, M. (2014). Avrupa Birliği ve Türkiye'de genç işsizliği sorunu ve çözüm önerileri, HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, 3(6), 50-69.

Türkiye Gençlik Araştırması. (2023). *Türkiye gençlik araştırması 2023*. Ankara: Konrad Adenauer Stiftung.

UNDP Türkiye. (2025). *Türkiye'de ne eğitimde ne istihdamda olan genç kadınlar: Mevcut durum ve ihtiyaç analizi araştırması*. Ankara: UNDP Türkiye.

UNFPA Türkiye. (2024). *2023 Türkiye gençlik araştırması: Nitel bulgular*. Ankara: Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu.

Yerel Yönetimler İçin Gençlik Göstergeleri. (2023). *Yerel yönetimler için gençlik göstergeleri*. İstanbul: Dört Mevsim Ekolojik Yaşam Derneği.

Yıldız, E. (2016). *Eğitimde ve istihdamda yer almayan gençler (NEET): Avrupa birliği gençlik garanti programı ve Türkiye için öneriler* (Yüksek lisans tezi). Türkiye İş Kurumu.

ELAZIĞ CEM EVİNDE SEMAHLAR VE YAPILARI

Hakan ZENGİN

Danışman: Doç.Dr.Hayri Akbudak

İnönü Üniversitesi Devlet Konservatuvarı Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0008-4170-3905

ÖZET

Bu araştırma, Elazığ Cem evinde yaşatılan Alevilik inancının müzikli ritüellere nasıl yansıdığı, dini ibadetlerin nasıl şekillendiği konusuna dair sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma nitel araştırma yöntem ile yürütülmüş betimsel bir araştırmadır. Veriler elde edilirken alana gidilip katılımcı gözlemci olarak semahlara katılım sağlamış, elde edilen görüntü ve ses kayıtları kültürel analiz, makamsal analiz modeli ile yorumlanarak bulgular elde edilmiştir.

Cem evleri, Alevi-Bektaşi inancına mensup bireyler için sadece ibadet yerleri değil, aynı zamanda toplumsal dayanışmanın güçlendiği, kültürel faaliyetlerin gerçekleştirildiği ve manevi değerlerin yaşatıldığı mekânlar olarak önemlidir. Bu yerler, aynı zamanda Alevilerin inanç pratiklerinin yürütülmesi, pekiştirilmesi ve toplumsal bağların gelişmesi için bir eğitim-öğretim merkezidir. Bu merkezlerden biride araştırmaya konu olan Elazığ cem evidir.

Alevilikte müzik, dini törenlerin ve ibadetlerin okunmasının bir parçası ve toplumsal bağların erişilebilirliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Alevi inancında müzik, manevi bir dil olarak kabul edilmekte ve cem ritüellerinde, özellikle semah gibi figürlerle, Tanrı'ya selam verilmekte ve toplumsal birlik ve beraberlik pekiştirilmektedir.

Elazığ'daki cem evi üzerinde yapılan saha çalışması, bu mekânın sadece dini bir anlam taşımadığını aynı zamanda Alevi yaşamı için kültürel bir merkez işlevinin ortaya çıktığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak Elazığ Cem evinde dedelerin soydan geldiği perşembeyi cumaya bağlayan akşamda semahların dönüldüğü, cemlerde cinsiyet ayrımının olmadığı kadın erkek bir arada semah dönüldüğü, bağlama enstrümanına kutsiyet atfedildiği semahların zakir tarafından seslendirildiği, 7 Ulu Ozandan (Nesimi, Virani, Yemini, Fuzuli, Kul Himmet, Şah Hatayi, Pir Sultan Abdal) deyişlerin icra edildiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elazığ, Cem Evi, Semah, Analiz

SEMA CEREMONIES AND THEIR STRUCTURES AT THE ELAZIĞ CEM HOUSE

ABSTRACT

This study aims to obtain findings on how the Alevi faith practised at the Elazığ Cem House is reflected in musical rituals and how religious worship is shaped. The study is a descriptive research project conducted using qualitative research methods. Data was collected by visiting the site and participating in semahs as an observer; the resulting video and audio recordings were analysed using cultural analysis and a modal analysis model to derive findings.

Cem houses are significant not only as places of worship for individuals adhering to the Alevi-Bektaşi faith, but also as spaces where social solidarity is strengthened, cultural activities are carried out, and spiritual values are upheld. These places also serve as educational centres for the practice, reinforcement and development of social bonds within the Alevi faith. One such centre, the subject of this research, is the Elazığ cem house.

In Alevism, music forms part of religious ceremonies and worship services and plays a significant role in fostering social cohesion. Within the Alevi faith, music is regarded as a spiritual language; during cem rituals, particularly through movements such as the semah, it serves to pay homage to God and to strengthen social unity and solidarity.

Fieldwork conducted at the cemevi in Elazığ reveals that this space carries not only religious significance but also functions as a cultural centre for Alevi life. Consequently, it was found that at the Elazığ Cemevi, semahs are performed on the evening linking Thursday to Friday—a day associated with the lineage of the dedes—that there is no gender segregation in cems, with men and women performing semah together, that the bağlama is regarded as a sacred instrument, and that the semahs are accompanied by a zakir, and the verses of the Seven Great Poets (Nesimi, Virani, Yemini, Fuzuli, Kul Himmet, Şah Hatayi, Pir Sultan Abdal) are performed.

Keywords: Elazığ, Cem House, Semah, Analysis

Giriş

Tarihsel süreçten günümüze Alevi örgütlenmesi; dergâh, tekke ve zaviyeler gibi geleneksel yapılardan modern kentsel alandaki vakıf, dernek, cem ve kültür evlerine doğru evrilen dinamik bir kurumsallaşma süreci izlemiştir (Rençber, 2012, s.73).

Yaşanan bu kurumsal ve mekânsal dönüşüm, inancın en temel pratiklerinin ve estetik üretimlerinin kentsel alanda korunarak sürdürülmesinde çok önemli rol üstlenmiştir. Nitekim bu kurumsal yapılar bünyesinde korunan ve kuşaktan kuşağa aktarılan köklü pratiklerin başında, inancın kalbini oluşturan müzik kültürü gelmektedir.

Geçmişi yüzlerce yıla dayanan bu köklü müzik geleneği, kültürel ve manevi kaynağını Vahdet-i Mevcud (varlığın birliği) düşüncesinden almaktadır. Bu bağlamda müzik; Tanrı, evren ve insan ilişkisinde bir arınma aracı olarak kullanılmış; böylece manevi bilginin tarihsel süreçte kuşaktan kuşağa aktarılmasını sağlamıştır (Soylu Bağçeci & Şenol Atıcı, 2020, s.366).

Bu manevi arınma düşüncesi, cem meydanındaki kurallar ve ibadet adımları sayesinde gerçeğe dönüşür. Yani inancın içsel dünyası, cemin başlangıcında canların birbirleriyle barışması ve rızalık almasıyla gözle görülür bir düzen kazanır.

On iki hizmet sahipleri başlamadan yarım saat kadar önce dede ya da babayla günün önemine dair sohbet ederler, zakir veya zakirler sazla deyiş, nefes çalarlar. Süpürge çalınır, post serilir, cem öncesinde orada olan canlar birbirlerinden helallik alırlar, sorunlar çözülür (Rençber, 2012, s.75).

Elazığ'ın Tarihî Gelişimi ve Demografik Yapısı

Elazığ'ın demografik yapısının tarihi süreç içerisinde gerçekleşen göçler, yerleşim değişiklikleri sebepleri ile şekillenmiştir.

Elazığ'ın kökeni: Bugünkü Elazığ şehrinin tarihsel ve kültürel kökenleri, kadim bir yerleşim merkezi olan Harput'un zengin mirasına dayanmaktadır. Milattan önce 2000'li yıllara kadar uzanan geçmişiyle Harput; Hurrilerden Urartulara, Romalılardan Bizanslılara kadar pek çok medeniyetin kültürel katmanlarını bünyesinde barındırmıştır. 1071 Malazgirt Zaferi'ni takip eden süreçte Türklerin bölgedeki hakimiyeti başlamış; şehir Selçuklu, Artuklu, Akkoyunlu ve nihayetinde Osmanlı idaresi altında stratejik ve kültürel bir merkez olma özelliğini pekiştirmiştir. 19. yüzyılın son çeyreğinde yaşanan sosyo-ekonomik ve mekânsal dönüşümler, yerleşimin dik yamaçlardaki tarihsel Harput'tan bugünkü düzlüğe, yani modern Elazığ'a doğru kaymasına zemin hazırlamış ve bu taşınma şehrin modern bir kimlik kazanma sürecini başlatmıştır'' (Url-1, 2026).

Etnik Yapı :Günümüzde Elazığ'da Türkler, Kürtler ve Zazalar birlikte yaşamaktadır. Elazığ Merkez ilçede çoğunlukta Türkler yaşarken, bazı ilçelerin köylerinde Zazalar çoğunluk göstermektedir. Aynı zamanda Tunceli'den gelmiş olan Alevi nüfusunda merkezde yaşamakta olduğu bilinmektedir (Url-1, 2026).

Nüfus ve Yoğunluk : 1927 yılında ilk nüfus sayımı yapılmış ve çıkan sonuçlara göre Elazığ'ın harcaması 140.400 kişi olarak saptanmıştır (SERTEL, 2026, s.303).

TÜİK verilerine göre Elazığ'ın güncel nüfusu 299.091'i erkek, 306.587'si kadın olmak üzere toplamda 605.678'e ulaşmıştır (Url-2, 2026).

Göç: Elazığ nüfusunun %54,2'sini göç etmemiş yerli halk oluştururken, geri kalan dilimi farklı göç kanallarıyla kente gelen topluluklar şekillendirmiştir. Kent nüfusunun %19,2'sinin il dışından, %14,4'ünün il içindeki kırsal alanlardan (köylerden) ve %8,7'sinin ise yine il sınırları içerisindeki başka ilçelerden göçle geldiği tespit edilmiştir (Solak, 2017, s.34).

ALEVİLİK

Alevilerin yoğun yaşadığı şehirleri ya da bölgeleri net bir şekilde ifade edilebiliyorken Türkiye'deki Alevilerin sayısı hakkında net bir şey söylemek olanaksızdır. Bu durumun nedeni Alevilik inancının ya göçebelerden oluşması ya da yarı göçebe toplulukların inancının Alevilik olması. Osmanlı döneminde İslam'ın dışında (rafizi) tanımlandıkları için merkezden uzakta yaşamışlardır. Türkiye'deki inanç özgürlüğünün, farklı inanç ve yorumlara yönelik hoşgörüsüzlükle karşılanmasından çekinmişlerdir (Karabatan, 2024, s.106).

Alevilerin uzunca yıllardır egemen inanç toplulukları tarafından aşağılanmalarının, toplumsal ve siyasal nedenlerden dolayı kırsal alanda kapalı bir toplumsal yaşam sürdürmek zorunda kalmalarının sonucu olarak sözlü anlatım geleneği ön plana çıkmıştır (Karabatan, 2024, s.105).

Karataban'ında dediği gibi aleviler İnanç ve fikirlerini özgür şekilde ifade edemedikleri için

Geçmişten günümüze köklü bir değişim geçiren Alevilik, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yeni bir sürece girmiştir. Bu süreç doğrultusunda, geleneksel Alevilik ile günümüz Aleviliği birçok açıdan farklılık göstermektedir (Yıldırım, 2012, s.135).

Günümüzde Alevilik kırsaldan, kentlere taşınıp sosyal ve kültürel anlamda daha görünür hale gelmiştir.

Alevilik, Orta Asya ve Uzak Doğu kökenli olup, İslam'ın dördüncü halifesi Hz. Ali'yi merkezi figür olarak kabul eden Batıni ve tasavvufi bir inanç sistemidir. 'Cem' ritüelleri, semah, deyiş, miraçlama gibi müziksel ve dini uygulamaları içeren Aleviliğin varlığını sürdüren geleneksel yapılar arasında dedelik, muhasiplik ve dar gibi kurumlar bulunur, bu da inancın heterodoksluğunu pekiştirir (Dönmez, 2014, s.19).

Alevilik inancında doğaüstü varlıklar ve güçlere güçlü bir inanç bulunmaktadır; bu güçlerden yardım talep edilmekte ve en önemli doğaüstü figür olarak Hz. Ali kabul edilmektedir. Aleviler, dualarında sık sık "Yetiş Ya Ali" ifadesiyle bu yardımı çağırmaktadırlar. Dinsel ritüellerinin adı ise ayin-i cem Muhammed'in Miraç dönüşü sırasında uğradığı dergâhta toplanan topluluğun ibadetinden, yani Kırklar Cem'inden kaynaklandığına inanmaktadır (Doğan, 2017, s.141).

CEMEVLERİ

Cem evleri, Alevi-Bektaşi inancına mensup kişilerin dini ritüellerini gerçekleştirirken, aynı zamanda çeşitli sosyal ve kültürel etkinliklerin düzenlendiği ve kimliklerini koruduğu mekânlardır (Yıldırım, 2012, s.158).

Cem evleri kelimenin tam anlamıyla birer sosyal dayanışma ve yardımlaşma merkezi görevleri üstlenmiştir. İnsanlara eğitim 'den sanata birçok açıdan destek vermeyi amaçlayıp kütüphaneler, okuma salonları, Yabancı dil dersleri, saz, semah, bilgisayar, okuma yazma gibi birçok alanda destek veren kurs imkânları sunmuştur (Üçer, 2018, s.76).

Cem evlerinde ihtiyaç sahiplerinin talebi karşılanıp kimin neye ihtiyacı varsa imkânlar kapsamında yardım edilir, destek çıkılır. Fakir öğrencilere burs vermek, gıda, erzak, giysi yardımında bulunmakta dâhil olarak çocukların sünnet merasimi ve hatta imkânlar dâhilinde evlenemeyen gençlere maddi

yardımlar yapılmaktadır. Bünyesinde bulunan aşevlerinde haftanın belirli günlerinde ihtiyaç sahiplerine yemek dağıtımı yapılmaktadır (Hacıgökmen Aktaran, Üçer, 2018, 76).

Elazığ Cem evinde yapılan röportaj ve video kayıtlarında Cem evi Dedesi Mail Mayiloğlu'da Yıldırım, Üçer, Hacıgökmen ile ortak fikirler belirtip 'Cem evlerini, sadece ibadetlerin gerçekleştirildiği mekânlar değil; aynı zamanda Alevi toplulukların toplumsal, kültürel ve dini açıdan birbirlerine destek sundukları ve yardımlaştıkları yerler olarak tanımladı.'

Geçmişte tekke, zaviye, dergâh, meydan odası gibi mekânlarda; günümüzde ise dernek, vakıf, cem evleri gibi mekânlarda Alevi ve Bektaşi talipler, bekçinin önceden duyurması ile birlikte cem erkânının yapılacağı yere gidip kadınlı-erkekli yüz yüze bakacak şekilde otururlar. Cem evleri hakkında Yeterli kaynağın mevcut koşullarda olmaması açısından cem ayini ilk olarak nasıl, nerede, kimler tarafından yapıldığına dair net bir şey söylemek zordur (Rençber, 2012, s.75-76).

Tarihsel süreçte on iki hizmetin icra edildiği cemler; kırsal alanlarda kış aylarında muhiplerden birinin evinde, şehirlerde ise dergâhlarda gerçekleştirilmiştir. Tekke ve zaviyelerin kapatılması ile dergâhlarda ayini cem yapılamaz hale gelip, kırsalda eskiden olduğu gibi muhiplerin birinin evinde, yapılmaya devam etmiştir (Rençber, 2012, s.78-79).

- **Bulgular**
  - **Elazığ Cem Evinde İbadet ve Müzik**

Elazığ cem evi dedesi Mail Mayiloğlu ile yüz yüze yapılan görüşmede "Alevilik hak Muhammet Ali yoluna bağlı Anadolu Erenlerinin Anadolu'ya getirdiği dini anlamda yapılan hizmetlerdir. Dolayısıyla hak Muhammet Ali felsefesini benimsemiş kişilere denir. Aynı zamanda Alevi; Ali'nin soyundan gelen Ali'ye bağlı anlamına da gelmektedir. Hak Muhammed Ali; Allah'ın birliğine hazreti Muhammed'in peygamberliğine Hazreti Ali'nin velayetine bağlı olan anlamına gelir. İslam'ı Hazreti Muhammed ile Hazreti Ali beraber kurmuşlardır. Bektaşilikte aynı koldan gelir onlarda; babağan kolu, aleviler de ise evladı-resul ve seyidlik'tir. Bektaşilikte teke ve zaviyede vardı ama Cumhuriyette kaldırıldı. Alevilik inancının temelini Dört Kapı Kırk Makam ilkeleri ve On İki Hizmet ritüelleri oluşturur. Hünkâr Hacı Bektaş Veli bu kapılardan geçmeyenlerin kâmil birer Alevi sayılmayacağını belirtmektedir. 4 kapı ise şunlardır; 'Şeriat', 'Tarikat', 'Marifet', 'Sırrı Hakikat' şeriatın 10 Tarikatın 10 Marifetin 10 Sırrı Hakikatinde 10 makamı vardır.

Resim 1. Elazığ Yıldızbağlar, (El-cem) semah ritüeli gerçekleştirilirken.

Genel olarak bakıldığında, hemen hemen bütün cem evlerindeki yönetimsel yapının benzer olduğu görülmektedir. Nitekim Elazığ Yıldız bağları Mahallesi'ndeki Cem Kültür Vakfı da başkan, başkan yardımcısı ve yönetim kurulu üyelerinden oluşmaktadır. Yılda bir kez toplantı yaparak iç dinamikleri hakkında kararlar alan bu merkezin sosyal yönü incelendiğinde; ibadetlerin yerine getirilmesi ve kurbanların kesilmesinin yanı sıra cenaze hizmetlerinin sunulduğu ve lokma/yemek organizasyonlarının yapıldığı görülmektedir.

Genel olarak dedeler, bulundukları bölgedeki inanç merkezlerinin manevi liderleridir. Cem evlerindeki ibadetlerin yönetimi de bir veya birkaç dede tarafından yürütülebilmektedir. Alevi inancında dede; eğiten, yol gösteren ve talipleri olan manevi bir önder konumundadır. İnançtaki rehberlik anlayışı, 'Talip benimdir ama asıl hak Muhammed-Ali'nin talibidir; her şey yol içindir, yola hizmet etmek içindir' düsturuna dayanır. Bu doğrultuda dedeler, ocak sistemine bağlı özel taliplerini yılda en az bir kez ziyaret ederek hem onların hâl ve hatırlarını sorar hem de görgü cemlerini gerçekleştirir.

Alevilik inancında, dedeler her yıl düzenli olarak kendi taliplerini ziyaret ederler. Bu ziyaretler genellikle hasat mevsimi sonrasında gerçekleştirilir. Talip demek Alevilikte yola ikrar veren, yani inanca bağlılık gösteren bireyi ifade eder. Dedenin gelişini duyurmak için 'peyik' adı verilen bir kişi köydeki bütün haneleri dolaşır. Cem için büyük bir ev hazırlanır Görgü Cemi adı verilen ibadet toplu şekilde gerçekleştirilir (Yaman, Kızılbaş Alevi Dedeleri, Aktaran; Küçük, 2017).

Kırsal alanda yüzyıllarca aksamadan yürütülen bu dede-talip ilişkisi ve inançsal ritüeller, temelde rastgele bir görevlendirmeye değil; kökenini soy birliğinden alan kurumsal bir yapıya dayanmaktadır. Bu yapının merkezinde ise 'ocak' ve bu ocaktan yetişen 'ocakzadeler' yer alır.

Ocak sözcüğünün sözlük anlamı akademik ve filolojik çerçeveden incelendiğinde; aile, sülale ve soy gibi kavramlara karşılık gelmektedir. Ancak kelimenin bu genel anlamlarının, kavramın Alevilik inanç sistemine ait özel ve kurumsal boyutunu tam olarak karşılamadığı saptanmıştır (Yaman, 2011, s.46).

"Alevilik geleneğinde dedelik makamı genel olarak soydan (ocak sisteminden) veya post nişinliğinden gelmektedir. Mayiloğlu ile yapılan röportajda: 'Dedelik babadan oğula, soy yoluyla geçer. Ancak Bektaşilik geleneğinde ayrıca "el verme" usulü vardır. Örneğin, bir babanın üç oğlu varsa, bu kardeşlerden hangisine babası el verirse makam ona devredilir. Buradaki "el vermek" ifadesi, "bu hizmeti bundan sonra sen yürüteceksin" anlamına gelmektedir. Her şeyden önemlisi ise Alevilikte; eline, beline, diline, aşına, eşine ve işine sahip çıkma ilkesine (edep-erkân kurallarına) mutlak surette uyulması gerekliliğidir.'"

Sözü edilen bu edep-erkân kuralları ve el verme yoluyla devralınan manevi yetki, kendisini en somut şekilde cem meydanında gösterir. Dedenin cemdeki mutlak otoritesi altında ve rehberliğinde, inancın özünü oluşturan ritüeller belirli bir hiyerarşiyle icra edilir. İşte bu kurallı ve organize inanç pratiğinin temel kurumsal yapısını ise, cem ibadetinin pürüzsüz akmasını sağlayan 'On İki Hizmet' oluşturmaktadır.

Cem ayinlerinde önemli bazı ritüeller on iki hizmet olarak birazda sembolik biçimde canlandırılıp icra edilir. Cem ayini, on iki imamı sembolize ettiğine inanılıp on iki erkân/hizmetin yerine getirilmesiyle gerçekleşir (Rençber, 2012, s.75)

Mayiloğlu ile yapılan röportaj/ses kaydındaki verileri ve genel akademik literatür taraması karşılaştırıldığında; cem ibadetini yürüten erkan sahiplerinin ve üstlendikleri sorumlulukların bölgesel küçük adlandırma farkları dışında hemen hemen her yerde aynı olduğu gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda cem meydanındaki görevliler ve işlevleri şu şekilde sıralanmaktadır:

ON İKİ HİZMET

- **Dede (Mürşit / Pir):** Cemi ve ritüelleri yöneten, inançsal hiyerarşinin en üstünde yer alan ve Hz. Peygamber'in soyundan (Ehl-i Beyt) geldiğine inanılan manevi liderdir.Rehber: Mürşid ya da dedeye yardımcı olur, cem katılımcılarına rehberlik eder.
- **Davetçi (Peyik):** Cem ibadetinin yapılacağı gün ve saati bölgedeki topluluğa ve hanelere duyuran, cem öncesi ve sırasındaki haberleşmeyi sağlayan hizmetlidir
- **Kapıcı (Bekçi / Eşikçi):** Cemin ve katılımcıların güvenliğini sağlayan; ibadetin huzur ve güvenlik içinde gerçekleşmesine yardımcı olan görevlidir.
- **Gözcü:** Cemde düzeni ve sessizliği sağlar, rehbere yardımcı olur.
- **Meydancı (İznikçi):** Cem mekânının temizliğini ve düzenini sağlar; ayakkabıları teslim alır ve geri verir.
- **Zâkir:** Bağlama çalar, nefes, mersiye ve düvaz imam gibi dini ezgileri seslendirir.
- **Süpürgeci (Ferrâş):** Fiziksel ve sembolik temizlikten sorumludur.
- **Delilci (Çerağcı):** Cem alanının ışıklandırılması ve çerağın yakılmasından sorumludur.
- **İbrikçi (Sakka)::** Ceme katılan canlara su, şerbet ve dolu ikram eder.
- **Semahçı (Pervane**): Zakirin çaldığı nefesler ve ritimler eşliğinde, cemin inançsal boyutunu tamamlayan semah dönme ritüelini meydanda organize biçimde yerine getiren canlardır.
- **Lokmacı:** Kurban ve yemek işlerini düzenler, yiyeceklerin eşit şekilde dağılmasından sorumludur. (Mayiloğlu, 2025, Üçer, 2018, s.67-68)

Mayiloğlu'nun aktardığı bilgilere göre, geleneksel süreçte cem ibadetlerinin rutin olarak perşembe gününü cumaya bağlayan gece (Cuma akşamı) icra edilmesi gerekmektedir; Abdal Musa, Hızır ve On İki İmam cemleri gibi dönemsel ritüeller bu rutinin dışındaki istisnaları oluşturur. Ancak modern şehir hayatının getirdiği mesai ve sorumluluklar, canların belirlenen günlerde ceme katılımını zorlaştırabildiğinden bu zamanlamada esnekliğe gidilmesine yol açmıştır. Günümüzde cem evleri, inançsal işlevlerinin yanı sıra toplumsal organizasyonu sağlayan, bünyesindeki kadın ve gençlik kolları aracılığıyla eğitsel ve sosyal faaliyetler yürüten çok amaçlı merkezler haline gelmiştir. Bu sosyo-kültürel

dayanışmanın en somut örneklerinden biri de cenaze hizmetleridir. Cenazenin yıkanması, kefenlenmesi, defin işlemlerinin yürütülmesi ve cenaze erkânının (namazının) icra edilmesi gibi süreçler cem evleri bünyesinde yerine getirilmektedir. Bu inançsal ve pratik hizmetleri bazı bölgelerde dedeler bizzat yürütebilse de şehirleşmeyle birlikte cenaze hizmetleri için genellikle bu alanda uzmanlaşmış din görevlileri (hocalar) istihdam edilmektedir.

Alevi-Bektaşi inanç sisteminde ibadetlerin ve edilen duaların her zaman kutsal olduğu kabul edilmekle birlikte, perşembeyi cumaya bağlayan gecenin doğaüstü olarak daha derin bir anlamı barındırdığına inanılır. Nitekim yazılı kaynaklarda ve sözlü gelenekte bu zaman diliminin kutsallığı sıklıkla vurgulanır. İnançsal tasavvufa göre, her canın bir piri olduğu gibi zamanın, günlerin piri de 'Cuma' günüdür. Bu yönüyle söz konusu kutsal gecede cem meydanında dönülen semahların, edilen duaların ve dile getirilen niyazların Hak katında daha hızlı kabul göreceği yönünde güçlü bir inanç mevcuttur".

Cem evinde yapılan müziklerin kaynaklarının nereden alındığı Mayiloğlu ile yüz yüze yapılan görüşmede kendisi cem evinde yapılan müziklerin kaynakları üzerine; “Müzik yerine duaz, deyiş, tevhit denilir. Alevilikte yedi ulu ozan var Pir Sultan, Şah Hatayi, Kul Himmet bunlar Kurandaki tasavvufi ilimi deyişlere dualara dökmüş ozanlarımızdır. Alevilikte biz buna Telli Kuran diyoruz sazı yapan İmam Zeynel saza dil veren ise İmam Caferi Sadık büyüklerimiz bize böyle anlatırdı. Bizim için eğlence değil tasavvuftur. Ruha eşlik eder Kuranı kerimdeki tasavvuf ayetlerini tellere mısralara dökerek toplumda cem cemaatlerde aleviler ozanların deyişlerini, tevhitlerini söyler. Tasavvuf müziği ayrıdır. Zaten genel olarak alevi deyişlerinde Pis Sultan Abdal, Kul Himmet ve Şah Hatayı gibi ozanların deyişleri işlenmektedir. Bu uygulama Elazığ Cem evinde, dedenin de belirttiği gibi gözlemlenmiştir.

Ayrıca semah dönen kişileri yetiştiren bir kişinin olup olmadığı sorulduğunda da; Semah başında semazen vardır semahcıların başı olur dönen semah dönenleri organize eder ve beraber dönerler. Semah ilahi bir ibadettir ilahi bir aşk kişinin kendisi ile tanrının arasındaki aşka ulaşmak için ilahi bir güçtür. Semah Allah aşkına döner bütün evren kâinat gece gündüz meydana gelir ve evren Allah’ın aşkı ile gece gündüz döner. Semahta Allah’ın aşkı ile dönen kişilere semazen denir. Hazreti Pir Hacı Bektaş’ı Veli diyor ki; ‘Semamız ulu bir aşktır o oyuncak değildir, her kim onu oyuncak sanıyorsa cenaze namazı kılınacak değildir.’ Alevilikte kutsaldır. İnanç bölümünün içerisinde bir bölümdür. Evrendeki bütün âlem Allah için döner.

Alevi inanç ve ritüel dünyasının merkezinde yer alan semahı öğrenmek için cem evine gitmek mutlak bir zorunluluk değildir; bu gelenek aile içi aktarımla da kuşaktan kuşağa taşınabilmektedir. Bununla birlikte günümüzde cem evlerinde verilen kurumsal eğitimler ve dede rehberliği de öğrenim sürecinde önemli bir rol oynar. Ancak semah dönmek yalnızca fiziksel hareketleri sergilemekten ibaret olmayıp, dönen kişinin manevi olarak pişmesini, yetişmesini ve inançsal anlamda kâmil bir olgunluğa erişmesini gerektirir. Ritüelin özünü idrak edebilecek bir aklıselimliğe ve yüksek bir ciddiyete sahip olmak şarttır. Semahın icrasında bağlama, yadsınamaz bir kutsallığa sahiptir. Alevi toplumunun kutsal kitabı şüphesiz Kur'an-ı Kerim'dir; inanç esasları Allah'a, meleklere, peygamberlere ve ahiret gününe iman esasına dayanır. İşte bu kutsal kitaba ve inanç değerlerine olan derin bağlılığın bir tezahürü olarak bağlama, seste vücut bulan ilahi kelamı taşıdığı inancıyla 'Telli Kur'an' olarak adlandırılmaktadır.

Kutsal kitaba, peygamber ve Ehl-i Beyt yoluna duyulan bu derin bağlılık ve Hakk'a teslimiyet bilinci, Alevi inanç sisteminde kendini sadece semah veya deyişlerle değil, aynı zamanda köklü bir ibadet olan kurban erkânıyla da göstermektedir.

Alevi inanç sisteminde kurban ibadetinin farklı vesilelerle yerine getirilen yapısal çeşitleri mevcuttur. Bunlardan biri, inanç önderlerinin veya dergâhların ziyaret edilmesiyle gerçekleştirilen ve yılda bir kez kesilen 'Pir Kurbanı'dır. Maddi durumu elverdiğinde dergâha niyaz olunarak kesilen bu kurbanın yanı sıra; Hz. İshak/İsmail geleneğine dayanan kurbanlar, Hızır günlerinde kesilerek lokma olarak pay edilen 'Hızır Kurbanı' ve toplumsal birlikteliği pekiştiren 'Abdal Musa Kurbanı' da gelenek içinde önemli bir yere sahiptir. İbadetin kabulü noktasında kurbanlık hayvanın borçlanarak değil, rızalık esasına dayalı öz kaynaklarla alınması şarttır. Zira Alevilikte kurbanın asıl sembolik ve batıni anlamı; sadece bir hayvanın kesilmesi değil, bireyin kendi nefsini ıslah etmesi, kötülüklerden arınması ve Hak yolunda nefsini kurban edebilme olgunluğuna erişmesidir.

Deyişler ve Makamsal Analizleri

Elazığ Cem evi görevlileri ile gerçekleştirilen görüşmelerde, cem erkânında icra edilen eserlerin kaynağına dair yöneltilen sorulara karşılık; cem evinde ağırlıklı olarak "Yedi Ulu Ozan"a ait deyiş ve nefeslerin seslendirildiği bilgisi paylaşılmıştır.

- **Nesimi**
- **Virani**
- **Yemini**
- **Fuzuli**
- **Kul Himmet**
- **Şah Hatayi (ağırlıklı olarak)**
- **Pir Sultan Abdal**

Türk Halk Müziği sanatçısı olmasının yanı sıra cem evleri ve deyişler üzerine akademik/kültürel çalışmaları bulunan Aygün Çam; Elazığ Yıldızbağları Mahallesi'ndeki Elazığ Cem Evi'ne davet edildiğini, burada 'konuk Zakir' sıfatıyla cem erkânına katılarak deyiş ve nefesler icra ettiğini belirtmiştir. Çalışmamız kapsamında, icra edilen eserlerin makamsal ve yapısal analizine yönelik daha somut veriler elde etmek amacıyla kendisinin hangi deyiş ve nefesleri seslendirdiği bilgisine başvurulmuştur. Çam'ın bu hususta verdiği cevaplar, bir diğer kaynak kişimiz olan Uğurcan Dede'nin aktardığı verilerle tam bir tutarlılık göstermektedir. Her iki kaynak kişi de cem meydanında icra edilen eserlerin ağırlıklı olarak 'Yedi Ulu Ozan'ın (Şah İsmail Hatayı, Pir Sultan Abdal, Fuzuli, Nesimi, Yemini, Viranı, Kul Himmet) nefeslerinden seçildiğini ifade etmişlerdir." Makamsal analizlerine bakıldığında ise

Deyişlerin Makamsal Analizi

'Bugün yasta gördüm zülfü siyahı' Semah, Muhayyer makamında ve güçlüsü Hüseyni perdesi olacak şekilde icra edilmiştir. Eserin seyrini incelediğimizde; 1. ölçüde Gerdaniye perdesinden hareketle Uşşak çeşnisiyle Hüseyni perdesine iniş yapılmıştır. 2. ve 3. ölçülerde yine Hüseyni perdesi merkezli çıkıcı-inici bir seyir izlenmiş ve 3. ölçü sonunda Hüseyni perdesinde kalınmıştır. 4. ölçüde Hüseyni perdesinden başlayan inici hareket, Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir asma kararla nihayetlenmiştir. 5-9. ölçüler arasında Dügâh perdesindeki Hüseyni beşlisi vurgulanarak çıkıcı-inici bir seyir izlenmiştir. 10. ölçüde usul değişikliğine gidilerek 7/8'lik Devri Turan usulüne geçilmiş; 10-11. ölçüler arasında Gerdaniye perdesinde Rast çeşnisi gösterilmiştir. 12. ve 13. ölçülerde Çargâh perdesinden Dügâh perdesine kadar inilerek, burada Hüseyni beşlisi icra edilmiştir. 14. ölçüde tekrar 9/8'lik Aksak usulüne dönülmüş; Gerdaniye perdesinden başlayan inici seyir, 14-16. ölçüler arasında Hüseyni perdesinde Uşşak çeşnisiyle yapılan kalışlarla devam etmiştir. 17. ölçüde Hüseyni perdesinden Dügâh perdesine Hüseyni beşlisiyle inici bir seyir izlenmiştir. 18-22. ölçüler arasında Dügâh ve Hüseyni perdeleri arasında gidip gelen çıkıcı-inici hareketlerle, Dügâh perdesinde Hüseyni beşlisiyle karar verilmiştir. 23. ölçüde tekrar 7/8'lik Devri Turan usulüne geçilmiş; Gerdaniye perdesinden başlayan ve 26. ölçüye kadar süren inici seyirle, yerindeki Hüseyni beşlisi gösterilmiştir. 27. ölçüde 9/8'lik Aksak usulüne dönüş yapılmış; Gerdaniye perdesinden son ölçüye kadar devam eden inici seyirle, Hüseyni perdesindeki Uşşak ve Dügâh perdesindeki Hüseyni çeşnileri vurgulanarak tam karar icra edilmiştir."

'Bugün bize pir geldi' Eserin 1. ölçüsünde Dügâh perdesinden hareketle çıkıcı bir seyir izlenmiş ve Segâh perdesinde, Dügâh üzerindeki Uşşak dörtlüsünün sesleri kullanılmıştır. Bu seyir 2. ve 3. ölçülerde de tekrar edilmiş, 4. ölçüde ise Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir karar verilmiştir. 5. ölçüde Segâh perdesinden hareketle çıkıcı bir seyirle 6. ve 7. ölçülerde Gerdaniye perdesine kadar ulaşılmış, 8. ölçüde ise Dügâh perdesinde Uşşak makamı dizisinin sesleriyle çıkıcı-inici bir seyir gösterilmiştir. 9. ölçüde Gerdaniye perdesinden hareketle Neva perdesine Hicaz çeşnisiyle iniş yapılmış ve 10. ölçüde Neva perdesinde Hicaz çeşnili bir duruş sergilenmiştir. 11. ölçüde Segâh perdesinden hareketle Nimhisar perdesine çıkılmış, ardından Dügâh perdesine düşülerek Karcığar dizisi oluşturulmuştur. 12. ölçüde tekrar Segâh perdesinden hareketle Karcığar dizisiyle çıkıcı bir seyir izlenmiş, 13. ölçüde Neva perdesinde Hicaz çeşnisiyle kalınmıştır. 14. ölçüde Segâh perdesinden Nimhisar perdesine çıkılmış, akabinde 15. ölçüde Dügâh perdesine iniş yapılarak Karcığar dizisi seslerinde karar kılınmıştır. 16.

ölçüde tekrar Segâh-Nimhisar çıkışı yapılmış, 17. ölçüde Neva perdesinde Hicaz çeşnili bir duruş gerçekleştirilmiştir. 18. ölçüde Çargâh perdesinden inici bir seyirle 19. ölçüde Dügâh perdesine ulaşılmış ve Karcığar dizisi ile karar verilmiştir. Eserin ilgili bölümleri 'senyo' işareti ile tekrar edilmektedir."

'Çektiğim cevr ile cefa' Klasik Türk müziğinde Uşşak makamının özellikleriyle örtüşen eserin 1. ölçüsünde Çargâh perdesinde seyre başlanmış ve Neva perdesine çıkılmıştır. 2. ölçüde Çargâh perdesi merkezli çıkıcı-inici bir seyirle bu perde dolaylarında gezinilmiştir. 3. ölçüde Hüseyni perdesinden hareketle Dügâh perdesine Hüseyni beşlisiyle iniş yapılmıştır. 4. ölçüde Dügâh ve Neva perdeleri arasında çıkıcı-inici bir seyir izlenmiştir. 5. ölçüde Dügâh perdesine Uşşak çeşnisiyle düşülmüş, 6. ölçüde ise tekrar Çargâh perdesi hareketli, inici-çıkıcı bir seyir gösterilmiştir. 7. ölçüde Çargâh perdesinde Çargâh çeşnili bir seyir izlenmiş; 8. ölçüde Hüseyni perdesinden hareketle Dügâh perdesine Hüseyni beşlisiyle iniş yapılmıştır. 9. ölçüde Dügâh perdesi merkez alınarak Dügâh ve Neva perdeleri arasında çıkıcı-inici hareketler yapılmış, 10. ölçüde Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir karar verilmiştir. 11. ölçüde tekrar Çargâh perdesinden başlayan inici bir seyirle, 12. ve 13. ölçülerde Dügâh perdesinde Hüseyni beşlisi vurgulanmıştır. 14. ve 15. ölçülerde ise Dügâh ve Neva perdeleri arasında çıkıcı-inici seyirle nihayete erilmiş ve Uşşak çeşnisiyle tam karar verilmiştir."

'Gine dertli inliyorsun' Klasik Türk müziğinde Hüseyni makamı ile örtüşen eser, 9/8'lik Aksak usulde yazılmıştır. Eserin 1. ve 2. ölçülerinde Çargâh perdesinden hareketle çıkıcı bir seyir izlenerek Hüseyni perdesine varılmış ve burada asma kalış yapılmıştır. 3. ve 4. ölçülerde Eviç perdesinden başlayan çıkıcı-inici seyir, Hüseyni perdesinde Uşşak çeşnili bir kalışla nihayetlenmiştir. 5. ve 6. ölçülerde Çargâh perdesinden hareketle inici-çıkıcı bir seyir izlenerek tekrar Hüseyni perdesine çıkılmış ve ardından Dügâh perdesine Hüseyni beşlisiyle iniş yapılmıştır. 7-9. ölçüler arasında Çargâh perdesinden Hüseyni perdesine doğru seyredilirken Çargâh perdesinde Çargâh çeşnisi gösterilmiş, Hüseyni perdesinde ise asma kalış gerçekleştirilmiştir. 10. ölçüde Neva perdesinden Gerdaniye perdesine çıkılmış ve oradan Dügâh perdesine Hüseyni makamı dizisiyle inilerek Dügâh perdesinde Hüseyni çeşnisiyle karar verilmiştir. 11. ve 12. ölçülerde Dügâh perdesinden Hüseyni perdesine çıkılmış ve Hüseyni beşlisinin sesleriyle Dügâh perdesine inilerek karar kılınmıştır. 13. ölçüden 19. ölçüye kadar Dügâh ve Hüseyni perdeleri arasında çıkıcı-inici bir seyir izlenmiş, 19. ölçüde Dügâh perdesinde Hüseyni çeşnisiyle karar verilmiştir. 20. ölçüde 8/8'lik Müsemmen usulüne geçilerek Çargâh perdesinden Dügâh perdesine Uşşak çeşnisiyle iniş yapılmıştır. 21. ölçüde tekrar 9/8'lik Aksak usulüne dönülmüş ve 22. ölçüye kadar Dügâh perdesi merkez alınarak karar hissi kuvvetlendirilmiştir. 23-28. ölçüler arasında inici-çıkıcı seyirlerle Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir karar verilmiştir. 29-32. ölçülerde Çargâh çeşnisiyle başlayan seyir, inici hareketlerle devam etmiş ve Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir kalışla sonuçlanmıştır. 33. ölçüde Neva perdesinden başlayan inici seyir, 34. ölçüde Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir kararla tamamlanmıştır. 35-40. ölçüler arasında devam eden çıkıcı-inici seyir, 40. ölçüde Dügâh perdesinde Uşşak çeşnili bir kalışla neticelenmiştir. 41-43. ölçülerde Segâh perdesinden hareketle Dügâh perdesi civarında Uşşak çeşnili seslerle karar vurgulanmıştır. 44. ölçü ve sonrasında Neva perdesinden başlayan seyirde, makam dizisinde yer almayan Nimhisar perdesine başvurularak çıkıcı-inici hareketler yapılmıştır. Eserin genelinde Neva perdesinde Kürdi etkisi hissedilse de, kaynak kişi Nida Tüfekçi'nin orijinal ses kaydı incelendiğinde, eserin Dügâh perdesinde Uşşak çeşnisiyle tam karar yaptığı gözlemlenmiştir..

'Tevhid' Gönderdiğiniz eserin analizini, Türk müziği terminolojisine uygun, akıcı ve profesyonel bir akademik üslupla aşağıda düzenledim:

"Eserin 1. ölçüsünden 6. ölçüsüne kadar Çargâh perdesinden başlanan seyir, Buselik ve Neva perdeleri arasında çıkıcı-inici hareketlerle devam etmiştir. 6. ölçüde Çargâh perdesinden Gerdaniye perdesine yönelen eser, 7-10. ölçüler arasında Çargâh beşlisinin sesleri kullanılarak Çargâh perdesinde Çargâh çeşnili bir yarım karar vermiştir. 11. ölçüde Acem perdesine çıkılmış ve 12-15. ölçüler boyunca Çargâh perdesinde Çargâh çeşnili yarım kararlarla seyir sürdürülmüştür. 16. ölçüde Çargâh perdesinden Rast perdesine iniş yapılmış; 17-19. ölçülerde Hüseyni perdesine kadar çıkıldıktan sonra tekrar Çargâh perdesinde Çargâh çeşnili yarım karar gösterilmiştir. 20-23. ölçülerde Çargâh perdesinden Gerdaniye perdesine uzanılmış ve 23. ölçüde tekrar Çargâh çeşnili bir yarım karar icra edilmiştir. 24. ölçüde Çargâh perdesinden Rast perdesine düşülmüş, 25. ölçüde Hüseyni perdesine çıkılarak Çargâh perdesinde yarım

kalış yapılmıştır. 26-30. ölçüler arasında Neva ve Buselik perdeleri arasında gezinildikten sonra Çargâh perdesinde Çargâh çeşnili yarım karar verilmiştir. 31. ölçüde Çargâh perdesinden Muhayyer perdesine atlanmış, 38. ölçüye kadar süren inici seyirle yine Çargâh perdesinde yarım karar yapılmıştır. 39. ölçüde Rast perdesine iniş yapılmış, 40. ölçüde Hüseyni perdesine çıkılmış ve 45. ölçüye kadar Çargâh beşlisinin sesleriyle asma kalışlar vurgulanmıştır. 46-49. ölçülerde Gerdaniye ve Muhayyer perdeleri üzerinde durulmuş, 50-54. ölçülerde Neva perdesinde Buselik, Çargâh perdesinde ise Çargâh çeşnili küçük kalışlarla seyre devam edilmiştir. 55-64. ölçüler arasında Acem ve Gerdaniye perdelerine yapılan geçkilerle Çargâh perdesi merkezli seyir korunmuştur. 65-79. ölçüler arasında Rast, Buselik, Neva ve Acem perdeleri arasında gezinen eser, sürekli olarak Çargâh perdesinde Çargâh çeşnili asma kalışlarla desteklenmiştir. 80-94. ölçüler arasında Çargâh perdesi odaklı seyir sürdürülmüş; 95-98. ölçülerde Muhayyer perdesine yönelinerek Çargâh perdesinde karar kılınmıştır. 99-104. ölçülerde Muhayyer perdesinden inişle Çargâh beşlisi vurgulanmış, 105-109. ölçülerde Buselik ve Hüseyni perdeleri arasında gezilerek Çargâh perdesinde kalış sağlanmıştır. 110-124. ölçülerde Muhayyer perdesine kadar çıkılmış ve Çargâh perdesi odaklı seyirle asma kalış yapılmıştır. 125-129. ölçülerde Rast perdesine düşülmüş ve nihayetinde Dügâh perdesinde Buselik çeşnili tam karar verilmiştir."

‘Ela gözlü pirim geldi’ adlı eserin 1. ve 2. ölçülerinde, seyre çargah perdesinden başlanmış; hüseyni perdesine yönelinerek tekrar çargah perdesine, çargah çeşnili bir düşüşle kalış yapılmıştır. 3. ölçüde hüseyni perdesinden hareketle gerdaniye perdesine çıkılmış ve hüseyni perdesine kürdi çeşnisi ile düşülmüştür. 4. ölçüde tekrar çargah perdesinden hareketle hüseyni perdesine çıkılmış ve ölçü sonunda çargah perdesine çargah çeşnisi ile inilerek asma kalış gösterilmiştir. 5. ve 6. ölçülerde ise yine çargah perdesinden hareketle, çargah perdesinde çargah çeşnili tam karar verilmiştir."

Kaynaklar

Bağçeci, F., & Şenol Atıcı, M. (2020). Kültürel temsil odaklı müzik düşüncesinden klasik müzik algısına: Dönüşümün izleri. Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Velî Araştırma Dergisi, (96), 365-384.

Doğan, M. (2017). Malatya Alevi cemlerinde semahlar ve anlamları. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları.

Dönmez, A. (2014). Alevi müzik uyanışı. Ankara: Yason Yayıncılık.

Karataban, E. (2024). Ali Yaman (2007). Alevilik & Kızılbaşlık tarihi. İstanbul: Noktakitap. 336 s. ISBN: 978-994-41-7430-5 [Kitap Tanıtımı]. SÜREK Alevilik-Bektaşilik ve Kültür Araştırmaları Dergisi, (2), 104-109.

Küçük, F. (2017). Alevî-Bektaşî kültüründe ocak sistemi: Seyyid Cemal Sultan Ocağı örneği (Yüksek lisans tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.

Mayiloğlu, M. (2025, 13 Şubat). [Elazığ Yıldızbağlar Cemevi’ndeki ibadet ritüelleri ve on iki hizmet üzerine görüşme]. Kişisel görüşme, ses ve video kaydı, Elazığ, Türkiye.

Rençber, F. (2012). Cumhuriyet döneminde tekke ve zaviyelerin kapatılmasıyla beraber Alevi ve Bektaşiler... Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi, 12(3), 73-86.

Sertel, S. (2015). 1927 nüfus sayımı sonuçlarına göre Elazığ nüfusu. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25(1), 303-316.

Solak, A. (Ed.). (2017). Elazığ ili sosyal analiz çalışması. Ankara: HEGEM Yayınları.

Üçer, C. (2018). Cemevi: Âdâb ve erkânın icrâ edildiği mekân. Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Velî Araştırma Dergisi, (88), 59-84.

Yaman, A. (2011). Alevilikte ocak kavramı: Anlam ve tarihsel arka plan. Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Velî Araştırma Dergisi, (60), 43-64.

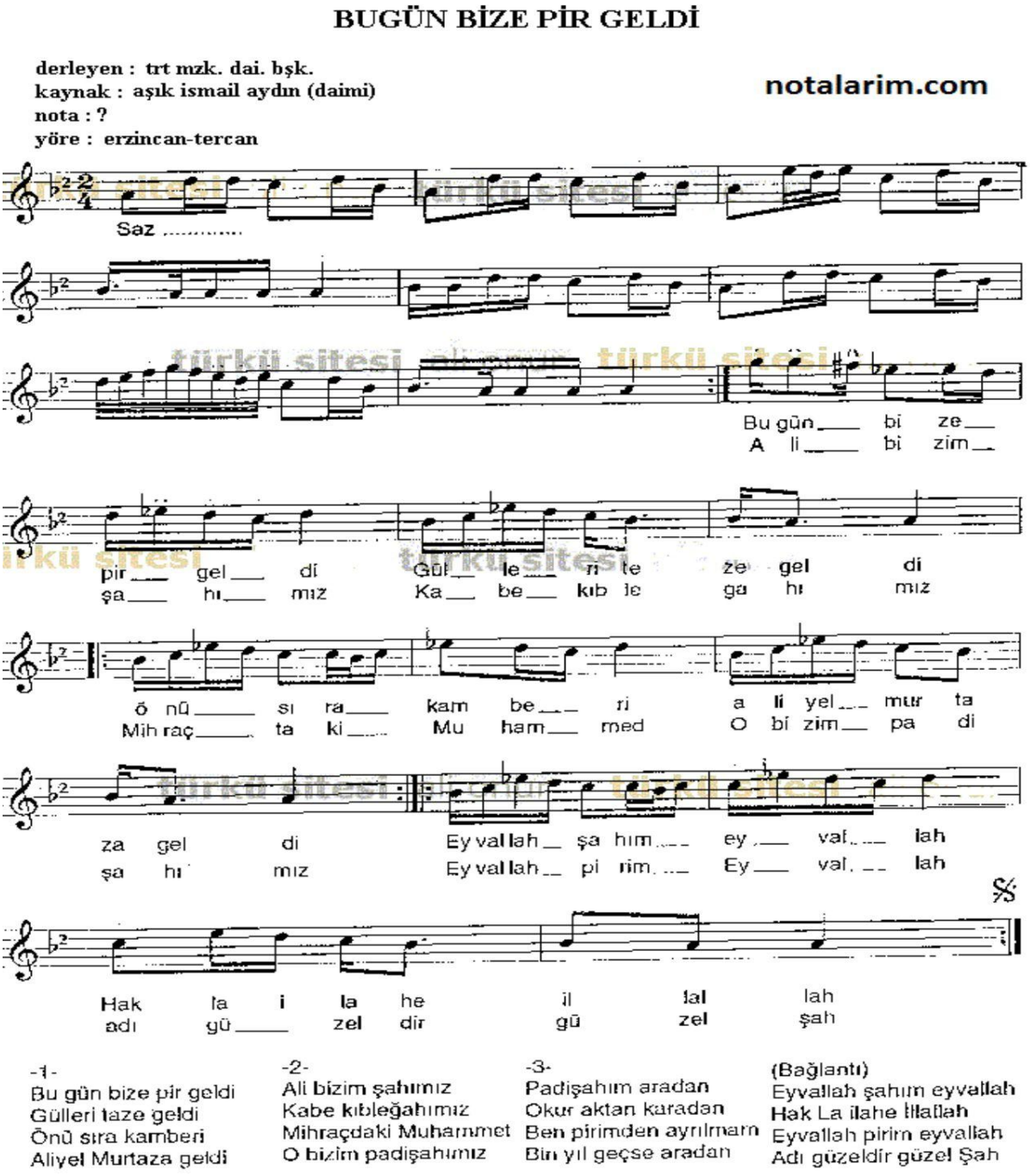
Yıldırım, R. (2012). Geleneksel Alevilikten modern Aleviliğe: Tarihsel bir dönüşümün ana eksenleri. Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Velî Araştırma Dergisi, (62), 135-162.

İNTERNET KAYNAKLARI

(Url-1) https://bulten23.com/elazig-insaninin-asil-kokeni-nedir/#elazig8217in-kokeni-nedir (21.05.2026)

(Url-2) https://nip.tuik.gov.tr/?value=CinsiyeteGoreNufus

(21.05.2026)



T R T MÜZİK DAİRESİ YAYINLARI
T H M REPERTUAR SIRA No: 1603
İNCELEME TARİHİ : 26_9_1977
YÖRESİ
DİVRİK
KİMDEN ALINDIĞI
MAHMUT ERDAL
SÜRESİ : ♪= 152
DERLEYEN
NİDA TÜFEKCİ
DERLEME TARİHİ
14_1_1970
NOTAYA ALAN
NİDA TÜFEKCİ
GİNE DERTLİ İNLİYORSUN
Gİ NE DERT Lİ DERT Lİ
İ Nİ Lİ YOR SUN
SA Rİ DUR NAM Sİ NEM
YA RA LAN DI MI
Hİ ÇEL DEY ME DEN DE
İ Nİ Lİ YOR SUN
SA Rİ DUR NAM
Sİ NE . N
YA RA LAN DI MI
YOK SA Cİ ĞER LE Rİ . . N
PA RE LEN Dİ Mİ
♪=160
PA RE LEN Dİ
Mİ
YOK SA SA NA
YAD DÜ ZEN Mİ
DÜZ DÜ LE . . . R
PER DE LE Rİ . . . N

GİNE DERTLİ İNİLİYORSUN
(Sahife-2)

TÜRK HALK MÜZİĞİ EZGİLERİNİN KLASİK GİTARA ADAPTASYONU ÜZERİNE BİR DÜZENLEME VE İCRA ÇALIŞMASI

Hakan ZENGİN

Danışman: Doç.Dr.Hayri Akbudak

İnönü Üniversitesi Devlet Konservatuvarı Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0008-4170-3905

ÖZET

Bu çalışma, Türk halk müziği repertuvarında yer alan Aşağıdan Gelir Omuz Omuza türküsünün klasik gitar için yeniden düzenlenmesi ve icraya uygun hale getirilmesi sürecini ele almaktadır. Araştırmanın temel amacı, geleneksel ezgisel ve ritmik yapının korunarak klasik gitarın teknik ve ifade olanakları doğrultusunda yeniden yapılandırılması ve böylece çalgı repertuvarına yerel müzik materyali kazandırılmasıdır. Aynı zamanda bu süreç, klasik gitarın polifonik yapısı ve tınısal çeşitliliği üzerinden Türk halk müziği ezgilerinin icra edilebilirliğini artırmayı hedeflemektedir.

Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizinden faydalanılmıştır. TRT nota arşivinden elde edilen notasyon aracılığıyla seçilen türkünün melodik, ritmik ve modal özellikleri analiz edilmiş; ardından eser, klasik gitar tekniklerine uygun biçimde transkripsiyon ve aranjman sürecine tabi tutulmuştur. Düzenleme aşamasında sağ el teknikleri (arpej, apoyando/tirando, rasgueado), sol el pozisyonları, ses dağılımı ve polifonik yapılandırma dikkate alınmıştır. Bununla birlikte türkünün makamına has mikrotonal yaklaşım temel batı müziği ses sistemine uygun düzenlenmiştir. Ayrıca ezginin karakteristik yapısının korunmasına özen gösterilerek gitar üzerinde doğal bir akış ve icra kolaylığı sağlanması amaçlanmıştır.

Elde edilen düzenleme, Türk halk müziği ezgilerinin klasik gitar repertuvarına uyarlanabilirliğini göstermekte ve bu tür çalışmaların çalgı literatürünü zenginleştirme potansiyeline işaret etmektedir. Sonuç olarak, bu tür uyarlama çalışmaları hem icracının teknik ve yorum becerilerini geliştirmekte hem de kültürel müzik mirasının yeni bir çalgı üzerinden yeniden üretilmesine katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Türk Halk Müziği, Klasik Gitar, Adaptasyon

A STUDY ON THE ARRANGEMENT AND PERFORMANCE OF TURKISH FOLK MUSIC MELODIES ADAPTED FOR CLASSICAL GUITAR

Abstract

This study examines the process of arranging the folk song ‘Aşağıdan Gelir Omuz Omuza’, which forms part of the Turkish folk music repertoire, for classical guitar and adapting it for performance. The primary aim of the research is to restructure the piece in accordance with the technical and expressive capabilities of the classical guitar, whilst preserving its traditional melodic and rhythmic structure, thereby enriching the instrumental repertoire with local musical material. Furthermore, this process aims to enhance the performability of Turkish folk melodies by utilising the classical guitar’s polyphonic structure and tonal diversity.

The study utilised content analysis, a qualitative research method. The melodic, rhythmic and modal characteristics of the selected folk song were analysed using the notation obtained from the TRT music archive; the piece was then transcribed and arranged in accordance with classical guitar techniques. During the arrangement phase, right-hand techniques (arpeggio, apoyando/tirando, rasgueado), left-hand positions, voice distribution and polyphonic structuring were taken into account. Furthermore, the microtonal approach characteristic of the folk song’s mode was adapted to the standard Western musical

pitch system. Furthermore, care was taken to preserve the characteristic structure of the melody, with the aim of ensuring a natural flow and ease of performance on the guitar.

The arrangement produced demonstrates the adaptability of Turkish folk music melodies to the classical guitar repertoire and highlights the potential of such works to enrich instrumental literature. Consequently, such adaptation projects not only develop the performer's technical and interpretative skills but also contribute to the reinterpretation of our cultural musical heritage through a new instrument.

Keywords: Turkish Folk Music, Classical Guitar, Adaptation

Giriş

Kültürel belleğin en somut aktarım araçlarından olan geleneksel halk ezgileri, ait oldukları toplumun tarihsel ve estetik kodlarını bünyesinde barındıran müzikal birer vesikadır. Anadolu coğrafyasının stratejik bir kültür köprüsü olan ve Arslantepe Höyüğü ile UNESCO Dünya Mirası Kalıcı Listesi'nde yer alan Malatya, bu çok katmanlı yapısı sayesinde sanatsal açıdan muazzam bir çeşitliliğe sahiptir. TRT repertuvarında 1347 numarayla kayıtlı Malatya yöresine ait "Aşağıdan Gelir Omuz Omuza" türküsü de bu köklü sosyo-kültürel hafızanın günümüze taşınan en özgün örneklerinden biridir.

Geleneksel Türk halk müziğindeki monofonik (tek sesli) ve makamsal yapıların, geniş polifonik tını imkanlarına sahip klasik gitara adapte edilmesi, müzikal sınırların genişletilmesi açısından dinamik bir alan sunmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı; söz konusu türkünün geleneksel ezgisel karakteristiğini koruyarak, klasik gitarın akustik imkanlarına ve tampere ses sistemine (La minör eksenine) göre yeniden düzenlenmesidir. Bu süreç, yerel müzik materyallerinin klasik gitar literatürüne kazandırılmasını ve icracılar için başlangıç düzeyinde, sade bir adaptasyon modeli ortaya koymayı hedeflemektedir.

Malatya Tarihi, Nüfusu ve Kültürel Yapısı

Son yıllarda Arslantepe Höyüğü kazılarıyla ön plana çıkan, Hititlerden Roma ve Bizans'a kadar pek çok medeniyete ev sahipliği yapan Malatya'nın Battalgazi ilçesindeki Arslantepe Höyüğü, 2014 yılında UNESCO Dünya Mirası Kalıcı Listesi'ne girmiştir. Anadolu'nun İlk Şehir Devletinin yapılarını ortaya çıkaran Arslantepe Höyüğü'nde 2019 yılında yapılan kazılarda birçok tarihi eşya bulunmuştur. Malatya başlangıcından günümüze kadar kuruluş ve isim açısından büyük değişikliklere uğramamıştır (Melita, Maldia vb.). Malatya kelimesi Hititçe "bal" anlamına gelen Melid'den türemiştir. Paleolitik Çağ'a kadar uzanan köklü bir tarihe sahiptir. Bu köklü tarihin anlaşılması yerleşim yerlerindeki mağaralar ve özellikle de Yazıhan'daki Ansır (Buzluk) ve Malatya merkezinde İnderesi mevkiinde bulunan mağaralardan anlaşılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından açıklanan güncel nüfus verileri incelendiğinde; Malatya'nın 2025 yılı sayım sonuçlarına göre 377.168'i kadın, 378.686'sı erkek olmak üzere toplam 755.854 nüfusa sahip olduğu görülmektedir. Eski çağlardan beri Anadolu ve Orta Doğu'ya köprü olan Malatya coğrafi açıdan oldukça önemlidir (Url-1, Url-2, Url-3).

Şehrin tarih boyunca stratejik bir köprü konumunda bulunmasının bir sonucu olarak, bu medeniyetlerden günümüze oldukça zengin, özgün ve katmanlı bir sosyo-kültürel ve sanatsal miras kalmıştır. Bu zengin sanatsal mirasın günümüzdeki dışavurumu olarak beliren Malatya halk ezgileri; yüzyıllar boyunca bu topraklarda yaşayan farklı kültürlerin, yaşanmışlıkların ve inanç ritüellerinin müzikal birer belgesi niteliğindedir. Bölgenin melodik, ritmik ve makamsal yapısındaki bu çeşitlilik, sözlü kültür geleneği aracılığıyla kuşaktan kuşağa aktarılarak sosyo-kültürel hafızanın korunmasında da oldukça önemli bir rol üstlenmiştir. Nitekim bu araştırmanın amacını oluşturan "Aşağıdan Gelir Omuz Omuza" adlı türkü de günümüze taşınan zengin halk ezgilerinden bir tanesidir. Bu eseri Batı müziğinin köklü ve zengin çalgılarından olan klasik gitara uyarlayıp klasik gitar literatürüne kazandırılması amaçlanmıştır.

Klasik Gitar Tarihi

Tarih öncesi çağlardan bu yana insanlar kendi sesleriyle yetinememiş ve buldukları çeşitli malzemelerle enstrüman yapmışlardır. (Elmas, 1986, s.1)

Tarihin çeşitli zaman dilimlerinde farklı kültürel coğrafyalarda kendine yer edinen gitar, evrensel yapısı sayesinde hem Türk hem de batı müziğinde eşlik ya da solo olarak kullanımıyla dikkat çekmiş Türk ve batı müziği arasında köprü görevi görmüştür. Günümüzde gitarın evrenselliği ve çok yönlü oluşu aslında binlerce yıl geçmişe dayanıp birçok farklı medeniyetin farklı isimlerle tanımış olduğu gitar geçmişte birçok defa evrim geçirip günümüzde ki şeklini almıştır.

Gitarın 15. yüzyıldan önce kesin bir müzik aleti olduğuna dair çok az kanıt vardır. Gitarın kökeninin çok daha eski dönemlere dayandığına dair literatürde çeşitli iddialar ve farklı görüşler bulunsa da bu konuda henüz kesin ve net bir bilgiye ulaşılamamıştır. (Kargın, 2024, s.1) Gitarın tarihi hakkında birçok görüş belirtilse de net bir görüş ifade etmek zordur. Bu nedenle gitarın tarihi hakkında görüşler varsayım olarak kalmaktadır. (Elmas, 1986, s.1) Gitarın tarihsel kökeni oldukça eskiye dayandırılmaktadır. Ancak bu süreç büyük ölçüde varsayımlara açıktır. (Kozin, Welding Forte & Santoro, 1984, s. 8 'den Aktaran, Kıratlı, 2025, s.9,)

Yukarıda da belirtildiği gibi gitar tarihine dayalı birçok farklı yorum yapılmaktadır. Yapılan yorumların çoğu zaman varsayımdan ileriye gidememesinin nedeni gitarın tarihi hakkında kanıtların ve bulguların eksik olmasıdır.

Gitarın Kökeni ve Sınıflandırılması

Eski mısır çizimlerinde, çok karmaşık lirlere ve arplara benzeyen telli çalgılar görülmektedir. Eski Roma da Mısır kültüründen fazlaca etkilenip, eski Batı kültürlerinde bu iki çalgının birçok değişik tipi ortaya çıkmıştır. (Jackson, 2011. S.2)

Günümüzde kullanılan gitar biçimiyle 1860'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. Ancak bu tarihten önce özellikle Avrupa'da gitar olarak adlandırılan, isim olarak gitara benzeyen ancak şekil olarak farklı olan birçok çalgı kullanılmıştır. Bu çalgılar zincirin halkaları gibidirler, gitarın gelişiminden bağımsız düşünülemez. (Uluocak, 2011, s.13)

Uluocak ve Jackson'ın da belirttiği gibi gitara ismen benzeyen, şekil olarak farklı birçok enstrüman kullanılmış olup, her bir çalgının evrimi, yeni oluşacak bir enstrüman için gelişimi sağlamıştır. Bu kapsamda Vihuela ve Rönesans gitarı (dört çift telli gitar) 1536-1600 yıllarını kapsarken, Barok gitar (beş çift telli gitar), 1600-1750 yılları arasını kapsamaktadır.

Bunun yanı sıra Barok gitardan, Romantik gitar (altı tek telli gitar), 1750-1800 yılları arasını kapsamıştır. Bu geçiş döneminde en az 4 farklı gitar çeşidi kullanılmıştır. Beş çift telli Barok gitar, beş tek telli gitar, altı çift telli gitar ve altı tek telli Romantik gitarın ilk örnekleridir. Romantik gitarın kullanıldığı dönem 1800-1860' lı yıllar arasını kapsarken, günümüz klasik gitarı (Torres gitarının) üretilmeye başlandığı ve yaygınlaşarak kullanıldığı dönem 1860'lardan başlayıp günümüze kadar uzanmaktadır (Uluocak, 2011, s.13-14).

Günümüzde bilinen şekliyle klasik gitarın ortaya çıkışında özellikle önemli iki isim ön plana çıkmaktadır. İlki son derece yetenekli ve gitar yapım ustası olan Antonio Torres'tir. Torres, gitar yapma sürecinde devrim yaratmıştır. Bu enstrümanın nasıl ses çıkardığı, sesin nereden kaynaklandığı ve bunu nasıl daha da iyileştirebileceği üzerinde yıllarca düşünüp çalışmıştır. Diğer isim ise İspanyol virtüözü olan Francisco Tarrega'dır. 1850'lerle 1890'lar arasında geliştirilen Torres tipi gitar, Önceki tasarımlara göre daha büyük ve derin gövdeye sahip olmasıyla öncekilere nazaran fazlaca ses getirmiştir (Jackson, 2011. S.7).

Gitar Teknikleri ve Müzik Terimleri

- Çekicleyerek bağlı çalma (hammer-on): Çekiçleyerek bağlı çalma (hammer-on) tekniğinde sol elin ilk bastığı perde sağ el tarafından çekilir ve sol el parmakları çalınmak istenen bir sonraki

perdeyi çekiçleyerek ses üretir. Bu teknikte başlangıç sesi, çekiçleyerek çalınan ikinci sesten her zaman daha pestir (Cronin, 2018, Aktaran, Gülbüz, 2024, s.7).

- Rasgueado: Sağ el temel tirando pozisyonunda iken, parmakların belirli özel sıralarla istenilen tınlatmasına "Rasgueado" denir. (Yeprem, 2006, Aktaran, Gülbüz, 2024, s.20)
- Ritardando: Hızın parça içinde yavaş yavaş azalmasını belirtir. (Gün & Köse, 2012, s.249)
- Decresscendo (decresc.): Gittikçe hafifleyerek. Sesin gürlüğünün giderek azalması (Gün & Köse, 2012, s.249).

Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın temel amacı; Türk halk müziği repertuvarında yer alan ve monodik (tek sesli) bir melodik karaktere sahip olan Malatya yöresine ait "Aşağıdan Gelir Omuz Omuza" türküsünün, geleneksel modal, ritmik ve ezgisel yapısını muhafaza ederek klasik gitarın teknik, akustik ve yapısal imkanları doğrultusunda yeniden düzenlenmesi (aranjman/adaptasyon) ve gitar literatürüne kazandırılmasıdır.

Bu temel amaç doğrultusunda araştırmada şu spesifik hedeflere odaklanılmıştır:

Tonal ve Yapısal Entegrasyon: Geleneksel Türk halk müziği teorisindeki Uşşak makamının ve bu makama özgü mikrotonal perdesel yapının, klasik gitarın tampere (eşit bölümlü) ses sistemi üzerindeki en rezonant ve ergonomik karşılığı olan "La Minör" tonalitesi ekseninde yeniden yapılandırılma süreçlerini metodolojik olarak ortaya koymak.

Polifonik ve Kontrpuan Temelli Dönüşüm: Monofonik (tek sesli) karakterdeki yerel bir ezgiyi, klasik gitarın sunduğu dikey armoni, kontrpuan ve "dem sesi" (pedal ton) olanaklarını kullanarak çok sesli bir dokuya kavuşturmak; bu esnada eserin geleneksel ruhunu ve işitsel kimliğini bozmayacak bir denge kurmak.

İcra Ergonomisi ve Teknik Analiz: Düzenleme esnasında sağ el (arpej, apoyando/tirando, rasgueado) ve sol el (bağlı çalma/hammer-on, pozisyon geçişleri) tekniklerini, gitar klavyesi üzerindeki pozisyonel ergonomiyi koruyarak kurgulamak ve bu kurgunun ölçüsel analizini yaparak icracılara analitik bir rehber sunmak.

Müzik literatürü incelendiğinde, klasik gitar eğitiminde ve konser repertuvarlarında ağırlıklı olarak Batı müziği menşeili eserlerin yer aldığı görülmektedir. Yerel ezgilerin çağdaş kompozisyon ve uyarlama teknikleriyle klasik gitara adapte edilmesi, hem çalgı eğitimine yerel ve çok sesli yeni bir materyal kazandırılması açısından hem de kültürel mirasın evrensel bir enstrüman aracılığıyla uluslararası platformlarda temsil edilmesi yönünden büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, Malatya yöresi ezgilerinin klasik gitar üzerindeki polifonik potansiyelini somut bir örnek üzerinden kanıtlamakta ve gelecekte yapılacak benzer makamsal uyarlama çalışmaları için niteliksel bir model ve akademik bir kaynak teşkil etmeyi hedeflemektedir.

Yöntem

Bu çalışma, betimsel araştırma yöntemlerinden tarama modeli kullanılarak hazırlanmıştır. Tarama modelleri, geçmişte veya halen var olan bir durumu, kendi koşulları içinde ve olduğu gibi betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımlarıdır (Karasar, 2020). Araştırmanın verileri doküman incelemesi yöntemiyle toplanmış; bu doğrultuda TRT Türk Halk Müziği nota arşivinde yer alan ve Malatya yöresine ait olan 'Aşağıdan Gelir Omuz Omuza' adlı halk ezgisi çalışma kapsamına alınmıştır.

Bulgular ve Yorum

Bu araştırmanın uygulama ve uyarlama basamağının temel materyalini oluşturan, TRT Türk Halk Müziği repertuvarında 1347 numarasıyla kayıtlı Malatya yöresine ait 'Aşağıdan Gelir Omuz Omuza' türküsü, kaynak kişi Adnan gül ve derleyen Ahmet Yamacı tarafından aktarılan ezgisel yapısıyla bölge müziğinin en somut belgelerinden biridir. (Url-4 ,2026)

Eser incelendiğinde karar sesi La (Dügâh), dizisi uşşaktır. Güçlüsü Mi (Hüseyni) ve donanımında Sib2 perdesi kullanılmıştır. Türkünün genişlemesi 6 ses içerisinde olup, İnici çıkıcı seyir göstermiştir. Güçlüsünün civarından seyre başlayıp müzik cümleleri yapılarak önce güçlü gösterilmiş, akabinde do (çargah) perdesinde kalış yapılmıştır. Sırasıyla re (neva) ve (do) çargah seslerinde kalışlar yapılarak la (dügah) perdesinde karar verilmiştir. (İdaçlı, 2019, s.26).

Eser Batı müziği çalgısı olan gitar ile icra edildiği için. Uşşak makamı pratikte tampere sisteme dönüştürülüp la minör (la-si-do-re-mi-fa-sol-la) dizisi kullanılmıştır. Ayrıca eserin orijinalinde donanımında bulunan si 1 koma bemol klasik gitarda çalma kolaylığı sağlaması amacıyla tampere sisteme uyarlanıp natürel olarak yer verilmiştir.

Eserin gitara sağ ve sol el teknikleriyle uyarlanışı ve ölçüsel analizi

Eserin gitara adaptasyon sürecinde 'La Minör' tonalitesinin tercih edilmesi, yalnızca icra kolaylığı sağlayan teknik bir yönelim değil; enstrümanın doğal akustik ve tınısal imkânlarını maksimum düzeyde kullanmayı hedefleyen stratejidir. Geleneksel Türk Halk Müziği teorisindeki Uşşak makamının eksenini oluşturan La (Dügâh) karar sesi ile klasik gitarın 5. açık teli olan La (110 Hz) frekansal olarak tam bir örtüşme göstermektedir. Bununla birlikte, makamın en güçlü melodik çekim merkezi ve asma karar basamağı olan Mi (Hüseyni) sesi de gitarın en pes ve akustik açıdan en rezonant teli olan 6. açık tel Mi (82.41 Hz) ile doğrudan eşleşmektedir. Ayrıca Türk Halk Müziğinde ki ‘Dem’ sesi mantığı düşünülerek gitarın üzerindeki 5. Tel la (A) ve 6. Tel mi(E) açık şekilde çalındığında yarattığı rezonans uzunluğu ile şarkının alt yapısını daha dinamik şekilde desteklemektedir.

Bu çalışmada, 'Omuz Omuza' türküsünü gitara uyarlarken özellikle hammer-on gibi nüans tekniklerine yer verilmiştir ve eserin duygusunu derinleştirmek için tempoyu yavaşlatılarak ritardando ifadelerini uygulanmıştır;

"Eserin 1, 4, 7, 19, 22, 25 ve 36. ölçülerinde, karar sesi olan La (Dügâh) bas sesi olarak kullanılmış; bu ses, makamın güçlüsü ve karar sesinin mükemmel 5’lisi olan Mi (Hüseyni) sesi ile desteklenmiştir.

Eserin 2, 5, 20, 23 ve 26. ölçülerinde ise bas parti, karar sesi (La) üzerinde sabit tutularak yürütülmüştür. Bu teknik yaklaşım, geleneksel Türk müziğindeki 'dem tutma' (sürekli ses) geleneğinin klasik gitar icrasına sade fakat tınısal olarak etkili bir biçimde aktarılması amacıyla kurgulanmıştır.

Eserin 3, 6, 21 ve 24. ölçülerinde bas partide varyasyonel bir yaklaşıma gidilmiştir. Bu doğrultuda, bas hatlarında önce Do sesi ve onun majör 3’lüsü olan Mi sesi duyurulmuş, ardından bas yürüyüşü Si sesine doğru hareket ettirilmiştir. Bu yürüyüşün devamında, 3. ölçüde bas parti Fa# sesine düşürülürken, 6. ölçüde ise tekrar karar sesine yönlendirilmiştir. Bas hattının Si ve Fa# seslerine taşınmasındaki temel gerekçe; eseri geleneksel kalıpların dışına çıkararak, solo ezgilerle birleşiminde işitsel açıdan daha zengin ve özgün bir armoni-kontrpuan ilişkisi elde etmektir. Söz konusu bu bas hareketliliğine eşlik eden tiz partilerde ise Do sesinden Re sesine çekiçleme (hammer-on) tekniği kullanılarak bağlı bir melodik yapı kurgulanmıştır.

Eserin 8. ölçüsünde La minör (Am) akoru konumlandırılarak bas hatlarında kök ses (La) ile birlikte akorun mükemmel 5’li ve minör 3’lü dereceleri duyurulmuştur. Akabinde bas parti, La sesinden kromatik bir hareketle Sol# sesine düşürülmüştür. Bas hattında kurgulanan bu kromatik yürüyüşün temel gerekçesi; dinleyicide alışılagelmiş geleneksel ezgi altyapısının dışına çıkarak, çağdaş ve zenginleştirilmiş tınısal bir algı (duyum) oluşturmaktır."

Eserin 9, 10, 11, 12 ve 13. ölçülerinde çevrim akorlardan yararlanılmış; gitar klavyesi üzerindeki pozisyonel ergonomi korunarak icra performansının en üst düzeyde tutulması amaçlanmıştır. Bu bölümlerde ana solo ezgi devam ederken, altyapıda ritmik ve devingen bir karakter sunan marş (yürüyüş) armonisi kurgulanmıştır. Hemen ardındaki 14. ölçüde ise tekrar karar sesi olan La (Dügâh) ve onun mükemmel 5’lisi (Mi) konumlandırılarak, tınısal açıdan zengin ve stabil bir duyum elde edilmiştir.

Eserin 15. ölçüsünde Fa majör (F) akoru konumlandırılarak, solo ezgilerin geleneksel tek sesli (monofonik) yapısının dışına çıkılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, ezgi hatları akorun üçlü dereceleriyle desteklenmiş ve böylece daha polifonik bir işitsel derinlik elde edilmesi amaçlanmıştır.

Takip eden 16. ölçüde ise, yaratılan bu armonik gerilim La minör (Am) karar akorunun basılmasıyla dengelenmiş ve pasaj kararlı bir tınıyla sonlandırılmıştır.

17 ve 18 ölçüde solo karara gelip kalış gösterdiği için , bas partisinde kararlı yapıdan uzaklaşılarak fa# sesi konumlandırılmıştır. Bu tercih, hem Uşşak makamının geleneksel seyir yapısındaki asma karar karakteristiğini desteklemek hem de dikey armonide D/F# eksenli zengin bir tınısal alan yaratmak amacıyla yapılmıştır. Bas partisinde yaratılan bu değişkenlik, eserin monoton bir karar sesi ısrarından sıyrılarak melodik ve armonik açıdan bir sonraki ölçüye akıcı bir köprü oluşturmasını (geçiş bası işlevi görmesini) sağlamıştır."

Eserin 17 ve 18. ölçülerinde solo ezgi karar sesine ulaşarak bir kalış sergilerken, icrada temponun kademeli olarak yavaşlatılması esasına dayanan bir ritardando kurgulanmış ve böylelikle yeni bölüme geçiş hissi pekiştirilmiştir. Zamansal boyuttaki bu esnemenin yanı sıra, bas partisinde de kararlı yapıdan bilinçli olarak uzaklaşılmış ve F# (Fa diyez) sesi konumlandırılmıştır. Bu yönelim, hem Uşşak makamının geleneksel seyir yapısındaki asma karar karakteristiğini desteklemek hem de dikey armonide D/F# eksenli zengin bir tınısal alan yaratmak amacıyla tercih edilmiştir. Bas partisinde kurgulanan bu devingenlik, eserin monoton bir karar sesi (pedal ton) ısrarından sıyrılmasını sağlamış; melodik, armonik ve agojik (zamansal) açıdan bir sonraki ölçüye akıcı bir köprü (geçiş bası işlevi) oluşturmuştur.

Eserin 27 ve 28. ölçülerinde, solo partinin gezindiği melodik hatları desteklemek amacıyla fonksiyonel bir altyapı kurgulanmıştır. Bu bağlamda, ezgisel hareketliliğin armonik ve işitsel (duyuşsal) açıdan en yüksek uyumu sergilemesi hedeflenerek; 27. ölçüde Re minör (Dm), 28. ölçüde ise Do majör (C) akorları konumlandırılmıştır. Yazılan bu akor eşlikleri, solo partinin tınısal alanını genişletirken eserin dikey armonideki modal karakterini de pekiştirmiştir.

Eserin 29. ölçüsünde ana ezginin karar ve yeden tonlar (Do-Si) dışındaki seslerde devingenliğini azaltarak durağanlaşması üzerine, bas partide karar hissini pekiştirmek amacıyla La minör (Am) akoru konumlandırılmıştır. Ezgisel hareketin sadeleştiği bu kesitte, bas seslerin kararlı yapısı güçlendirilerek kalış hissi yoğunlaştırılmıştır. Takip eden 30. ölçüde ise armonik çeşitliliği ve bas hattındaki tınısal akıcılığı sürdürmek amacıyla Do majör akorunun 1. çevrimi () tercih edilmiş, böylece dikey yapıda yeni bir işitsel alan genişlemesi sağlanmıştır.30. ölçüde do notasına denk gelen solo için 1.çevrim basılıp mi-sol-do (C) akoru basılmıştır.

Eserin 31. ölçüsünde solo parti devingenliğini sürdürürken, altyapıda La minör akorunun 2. çevrimi (Am/E)konumlandırılmıştır. Bas partide akorun beşli derecesi olan Mi sesinin duyurulmasıyla; hem klasik gitarın tınısal rezonans (tınlaşım) potansiyelinden üst düzeyde yararlanılmış hem de makamın güçlü sesi (Hüseyni perdesi) vurgulanarak bas hatları yeniden kararlı bir yapıya ulaştırılmıştır. Takip eden 32. ölçüde ise melodik hatlar akorların üçlü dereceleriyle (terz aralıklarla) desteklenmiş, böylelikle eserin bu kesitinde tınısal zenginliğin ve işitsel derinliğin en üst seviyeye çıkarılması amaçlanmıştır.

Eserin 33. ölçüsünde melodik hat karar sesine doğru yönelirken, bas partisinde kademeli bir dizi hareketiyle aşağı doğru inilmiş ve bas hatları da solo ile eş zamanlı olarak karar sesine ulaştırılmıştır. 34. ölçüde solo parti karar sesi üzerinde sabit bir kalış sergilerken, icraya uygulanan ritardando (kademeli yavaşlatma) ile bitiş hissi pekiştirilmiştir. Bu kesitte karar yapısını armonik açıdan zenginleştirmek amacıyla Re majör (D) akoru tınlatılmış; Uşşak makamı dizisinin karakteristik yapısına modern bir kontrast oluşturan F# (Fa diyez) sesi duyurularak işitsel açıdan özgün ve parlak bir tınısal alan (Picardy üçlüsü etkisi) elde edilmiştir. Eserin nihai noktası olan 35. ölçüde ise hem bas hem de solo sesler kararlı yapı üzerinde sabit tutularak düzenleme tam bir dinginlikle sonlandırılmıştır.

Eserin 37. ölçüsünden 42. ölçüsüne kadar solo partiye altyapıda, ritmik gücü ve devingenliği yüksek olan 'marş armonisi' dokusu eşlik etmiştir. Bu dinamik yürüyüşün ardından gelen 43. ölçüde ise, makamın güçlü sesi (Hüseyni perdesi) merkez alınarak dikey bir akor yapısı kurgulanmıştır. Güçlü ses üzerinde şekillenen bu armonik hamle ile geleneksel kalıpların dışına çıkılması hedeflenmiş; marş armonisinin yarattığı ritmik süreklilik, işitsel açıdan zengin ve özgün bir tınısal kırılmayla zirve noktasına ulaştırılmıştır

Eserin 44. ölçüsünde, karar hissiyatını pekiştirmek amacıyla altyapıda La minör (Am) akoru konumlandırılmış ve yapı kararlı bir kalışa yönlendirilmiştir. 45. ölçüde melodik hat devingenliğini

sürdürürken, ezgisel sesler akorun üçlü dereceleriyle desteklenerek dikey yapıda çok sesli (polifoni) bir doku oluşturulması hedeflenmiştir. 46. ölçüde çift ses (terz aralıklı) solo yürüyüş devam ederken, ezginin karar sesine ulaştığı kesitte bas partide de kök ton tercih edilerek kararlılık korunmuştur. 47. ölçüde La sesinin oluşturduğu karar zemini üzerinde, makamın güçlü sesi (Hüseyni perdesi) olan Mi notası kurgulanmış; hemen ardından bas partisinde Uşşak makamı dizisinin geleneksel seyir kalıplarına modern bir kontrast oluşturan F# (Fa diyez) sesi konumlandırılarak, işitsel açıdan özgün ve tınısal olarak zengin bir etki elde edilmiştir. Eserin nihai kapanış noktası olan 48. ölçüde ise, La minör akoru klasik gitarın en dinamik sağ el tekniklerinden biri olan rasgueado ile güçlü bir şekilde vurgulanarak düzenleme yüksek bir tınısal görkemle sonlandırılmıştır.

Resim. 1. Aşağıdan Gelir Omuz Omuza Türküsü Gitar İçin Düzenleme

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, Malatya yöresine ait "Aşağıdan Gelir Omuz Omuza" adlı geleneksel halk ezgisinin klasik gitarın teknik ve tınısal imkanları doğrultusunda yeniden düzenlenmesi süreci kuramsal ve uygulamalı olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, yerel ve monodik (tek sesli) müzik materyallerinin, Batı müziği menşeili çok sesli bir çalgı olan klasik gitara adapte edilmesinin hem kültürel aktarım hem de çalgı pedagojisi açısından son derece verimli sonuçlar doğurduğunu göstermektedir.

Araştırma kapsamında ulaşılan temel sonuçlar şu şekildedir:

Tonal Uyumluluk ve Rezonans: Uşşak makamının karar (La) ve güçlü (Mi) seslerinin, klasik gitarın 5. (La) ve 6. (Mi) açık bas telleriyle frekansal olarak tam örtüşmesi, eserin akustik rezonans kalitesini maksimum seviyeye çıkarmıştır. Doğal La minör ekseninde yapılan bu uyarlama, gitara has tınısal zenginliği (dem sesi mantığını) koruyarak yapaylıktan uzak bir duyum elde edilmesini sağlamıştır.

İcra Kolaylığı ve Pedagojik Yalınlık (Basit İcra Modeli): Yapılan düzenleme, klasik gitar eğitiminin erken dönemlerindeki öğrencilerin veya orta seviyedeki icracıların zorlanmadan çalabileceği, ergonomik ve basit bir icra yapısı sunmaktadır. Karmaşık ve icrayı zorlaştıran dikey akor blokları yerine; açık tellerin avantajından yararlanan pedal tonlar, sadeleştirilmiş bas yürüyüşleri ve sol elin birinci pozisyon ağırlıklı klavye düzeni tercih edilmiştir. Böylece türkünün ana melodisi (solo hat) net bir şekilde ön plana çıkarken, eşlik yapısı gitarı yeni öğrenen bir icracının bile deşifre edip akıcı bir şekilde çalabileceği bir yalınlığa kavuşturulmuştur.

Teknik ve Estetik Gelişim: Eserin icrası esnasında kullanılan hammer-on (çekiçleme bağlısı) ve rasgueado gibi teknikler, öğrencinin sağ ve sol el koordinasyonunu geliştirirken; pasajlar arasındaki ritardando ve decrescendo gibi agojik esnemeler, icracının müzikal ifade ve artikülasyon becerilerine katkı sunmaktadır.

Sonuç olarak, Malatya'nın zengin kültürel belleğinin bir parçası olan "Aşağıdan Gelir Omuz Omuza" türküsü, bu aranjman çalışmasıyla birlikte hem teknik açıdan erişilebilir hem de işitsel açıdan zengin bir klasik gitar eserine dönüştürülmüştür. Bu ve benzeri çalışmalar, yerel ezgilerimizin evrensel bir çalgı üzerinden uluslararası platformlarda temsil edilmesine olanak tanırken, klasik gitar literatürünü de didaktik ve estetik açıdan zenginleştirmektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, farklı yörelere ve makamlara ait halk ezgilerinin de benzer şekilde başlangıç ve orta seviye gitar eğitimine yönelik sadeleştirilmiş polifonik yaklaşımlarla düzenlenmesi, çalgı eğitimi repertuvarımızın milli unsurlarla genişlemesine büyük katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

Elmas, Y. (1986). Müzik tarihinde gitarın biçim evrimi (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Gülbuz, Y. E. (2024). 20. yüzyıl genişletilmiş klasik gitar çalım tekniklerinin eğitimde kullanımının incelenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

Gün, E. ve Köse, H. S. (2012). Piyano eğitiminde müzikal terimler ve çalma tekniklerine ilişkin bilişsel düzey analizi. e-Journal of New World Sciences Academy (NWSA-Fine Arts), 7(3), 11-20.

İdaçlı, U. (2019). TRT repertuvarında bulunan Malatya türkülerinin makam dizisi, usul ve ses genişliği yönünden analizine yönelik incelenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.

Jackson, E. (2011). Her yönüyle gitar (C. Halu, Çev.). Ankara: Arkadaş Yayınevi.

Karasar, N. (2008). Bilimsel araştırma yöntemi (18. Basım). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Kargın, A. (2024). 100 yıllık süreçte Türkiye'de klasik gitar besteciliğinin durumu ve özgün eserlerin tespiti (Yayımlanmamış sanatta yeterlik tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kıratlı, A. (2025). Müzik eğitimi ana bilim dalında öğrenim gören klasik gitar öğrencilerinin Türk müziği düzenlemelerine karşı tutumları (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uluocak, S. (2011). Klasik gitar tarihi - I: Rönesans döneminde gitar (1536-1600). İstanbul: Doruk Yayıncılık.

İnternet Kaynakları

https://www.malatya.gov.tr/tarihcemiz (Url-1, 2026)

https://malatya.ktb.gov.tr/TR-58263/tarihce.html (Url-2, 2026)

https://nip.tuik.gov.tr/ (Url-3, 2026)

https://www.notaarsivleri.com/turk-halk-muzigi/365.html (Url-4, 2026)

T R T MÜZİK DAİRESİ YAYINLARI
T H M REPERTUAR SIRA No : 1347
İNCELEME TARİHİ : 25-5-1977
DERLEYEN
AHMET YAMACI
YÖRESİ
MALATYA
DERLEME TARİHİ
AŞAĞIDAN GELİR OMUZ OMUZA
KİMDEN ALINDIĞI
ADNAN GÜL
SÜRESİ : ♩♩ =48
NOTAYA ALAN
AHMET YAMACI

AŞAĞIDAN GELİR OMUZ OMUZA
(Sahife - 2)

—1—
AŞAĞIDAN GELİR OMUZ OMUZA
CİĞDEMDE BİRİŞMİŞ AMAN AMAN AMAN AMAN AMAN GÜLE NERGİZE
ARMDEN SELÂM OLSUN Ö YERLİZA
Bağlantı — BABA BAYRAMINIZ AMAN AMAN AMAN AMAN MÜBAREK OLA
KIRVE BAYRAMINIZ AMAN AMAN AMAN AMAN AMAN AMAN KARALI GELE

—2—
DUVARA YASLANDIM ÇİĞARAM İÇEM
YAĞLI KURŞUN GELİR AMAN AMAN AMAN AMAN AMAN BEN NERE GAÇAM
KANADIM YOKTURKİ HAVAYA UÇAM
Bağlantı

—3—
YORGUN YORGUN YARDIM ORAK BİÇMEYE
KÖYÜN ÇEŞMESİNDEN AMAN AMAN AMAN AMAN BİR SU İÇMEYE
YAĞLI KURŞUN GELİR CİĞER DEŞMEYE
Bağlantı

OSMANLI'DAN CUMHURİYET'E KADININ MÜZİSYEN KİMLİĞİNİN DÖNÜŞÜMÜNDE KAMUSAL GÖRÜNÜRLÜK

Sümeyye Yardımcı

Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü, Müzik Eğitimi Anabilim Dalı, Ağrı.

ÖZET

Bu çalışma, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan tarihsel süreçte kadının müzik sanatındaki konumunu kamusal görünürlük ve müzisyen kimliğinin dönüşümü ekseninde incelemektedir. Araştırmanın temel amacı, kadınların müzik alanındaki varlığını yalnızca sahneye çıkma ya da görünürlük kazanma süreci olarak değil; mekân, kurum, repertuvar, eğitim ve toplumsal cinsiyet ilişkileri bağlamında yeniden biçimlenen çok katmanlı bir dönüşüm olarak değerlendirmektir. Bu doğrultuda Osmanlı döneminde harem, saray, konak, ev içi meşk ve çengi geleneği gibi alanlarda şekillenen kadın müzik pratikleri ile Cumhuriyet döneminde konservatuvarlar, Musiki Muallim Mektebi, sahne, radyo ve plak kültürü aracılığıyla gelişen kamusal-profesyonel müzisyenlik biçimleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Çalışma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde doküman analizi ve yorumlayıcı tarihsel çözümleme desenine göre yapılandırılmış; konuya ilişkin akademik makaleler, kitap bölümleri, ansiklopedi maddeleri, tezler ve tarihsel incelemeler temel veri kaynakları olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, Osmanlı döneminde kadınların müzik alanında bütünüyle edilgen olmadıklarını; aksine saray, konak ve meşk çevrelerinde icracı, aktarıcı, eğitici ve kimi zaman üretici roller üstlendiklerini göstermektedir. Bununla birlikte bu rollerin büyük ölçüde mahrem ve sınırlı sosyal çevreler içinde gerçekleştiği görülmektedir. Cumhuriyet döneminde ise eğitim kurumları, sahne olanakları, radyo yayıncılığı ve kayıt teknolojileri kadın müzisyen kimliğini daha görünür, kurumsal ve mesleki bir düzleme taşımıştır. Sonuç olarak çalışma, kadının müzik sanatındaki dönüşümünü basit bir "özel alandan sahneye çıkış" anlatısı olarak değil; kadın müzisyen kimliğinin toplumsal cinsiyet rejimleri, modernleşme politikaları ve kültürel kurumlar aracılığıyla yeniden inşa edildiği tarihsel bir süreç olarak yorumlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Kadın müzisyen kimliği; toplumsal cinsiyet; kamusal görünürlük; kültürel temsil; Osmanlı'dan Cumhuriyet'e modernleşme.

PUBLIC VISIBILITY AND THE TRANSFORMATION OF WOMEN'S MUSICIAN IDENTITY FROM THE OTTOMAN EMPIRE TO THE REPUBLIC

ABSTRACT

This study examines the transformation of women's position in music from the Ottoman Empire to the Republic of Türkiye, focusing on public visibility and female musician identity. It evaluates women's musical presence not merely as a process of gaining stage visibility, but as a multilayered transformation shaped by space, institutions, repertoire, education, and gender relations. Within this framework, women's musical practices in the Ottoman harem, palace, mansion, domestic meşk tradition, and çengi culture are compared with the public and professional forms of musicianship that emerged in the Republican period through conservatories, the Musiki Muallim Mektebi, stage performance, radio, and recording culture. Designed as a qualitative study, the research employs document analysis and interpretive historical analysis. The findings show that women in the Ottoman period were not passive figures; they acted as performers, transmitters, educators, and sometimes producers within restricted social environments. In the Republican period, educational institutions, stage opportunities, radio broadcasting, and recording technologies carried female musician identity into a more visible, institutional, and professional sphere. Thus, the transformation of women's position in music is

interpreted not as a simple shift from private space to stage, but as a historical reconstruction shaped by gender regimes, modernization policies, and cultural institutions.

Keywords: Female musician identity; gender; public visibility; cultural representation; modernization from the Ottoman Empire to the Republic of Türkiye.

1. GİRİŞ

Müzik tarihi yazımı, çoğu zaman besteci, kurum, tür ve repertuvar merkezli bir anlatı üzerinden kurulmakta; bu anlatıda kadınların rolleri ise ya istisnai örnekler düzeyinde görünür kılınmakta ya da "yardımcı/ikincil" konumlara yerleştirilmektedir. Oysa Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan modernleşme süreci, kadınların müzikle kurduğu ilişkinin estetik tercih alanını aşarak eğitim, toplumsal statü, kamusal görünürlük ve kültürel temsil boyutlarıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Müziğin toplumsal yapıdan bağımsız düşünülemeyen bir sanat alanı olduğu dikkate alındığında, kadının müzik içindeki konumu aynı zamanda modernleşmenin kültürel sınırlarını ve imkânlarını okumaya elverişli bir göstergedir (Çelikel & Özkul, 2021, s. 697). Osmanlı'dan Cumhuriyet'e kadının müzik sanatındaki konumu, mahrem icra alanlarından kurumsal ve kamusal müzik ortamlarına uzanan çok katmanlı bir dönüşüm süreci içinde ele alınmalıdır. Harem, saray, konak, ev içi müzik eğitimi ve çengi geleneği gibi Osmanlı'ya özgü müziksel pratikler, kadınların musiki kültüründe bütünüyle görünmez olmadığını; tersine meşk, icra, bestecilik ve aktarım süreçlerinde belirli fakat çoğu zaman sınırlı kamusallık biçimleri içinde etkin bir müziksel özne olarak yer aldıklarını göstermektedir. Cumhuriyet döneminde müzik kurumları, sahne olanakları ve plak kültürüyle birlikte bu varlık, daha görünür, profesyonel ve kurumsal bir niteliğe kavuşmuştur. (Çevik & Kaltakcı, 2011, s. 610).

Bu çerçevede Osmanlı musiki geleneğinde kadın müzisyen kimliğini yalnızca anonim ya da kapalı alanlara hapsedilmiş bir temsil biçimi olarak değerlendirmek eksik kalacaktır. Reftar Kalfa, Dilhayat Kalfa, Esma Sultan, Adile Sultan, Ayşe Sultan ve Leyla Saz gibi isimler, kadınların Osmanlı müzik kültüründe icracı, bestekâr, hami, aktarıcı ve eğitim almış sanat özneleri olarak yer aldıklarını göstermektedir. Özellikle Dilhayat Kalfa'nın çeşitli musiki mecmualarında çok sayıda eserle anılması ve evcârâ makamındaki peşrev ve saz semaisi gibi eserlerle ilişkilendirilmesi, kadın bestekârlığının istisnai bir görünürlükten ibaret olmadığını; aksine saray ve çevresinde gelişen müziksel birikimin önemli bir parçası olduğunu ortaya koymaktadır (Çevik & Kaltakcı, 2011, s. 633). Bu bağlamda kadın müzisyenlerin tarihsel konumu, yalnızca "görünmezlik" kavramıyla değil, arşivlenme, adlandırılma, repertuvara dâhil edilme ve müzik tarihi yazımında temsil edilme biçimleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Leyla Saz ise Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan geçiş sürecinde kadın müzisyen kimliğinin hem sürekliliğini hem de dönüşümünü görünür kılan dikkat çekici örneklerden biridir. Saray çevresinde yetişmesi, Türk musikisi ve Batı musikisiyle temas kurması, piyano eğitimi alması, bestecilik ve şairlik yönleriyle tanınması, onun müzikal kimliğini yalnızca icracılık düzeyinde değil, kültürel bellek ve temsil düzeyinde de önemli kılmaktadır. Leyla Saz'ın evinin dönemin seçkin musikişinaslarının bir araya geldiği bir sanat mahfili hâline gelmesi, kadın müzisyen kimliğinin ev içi alanda bile pasif bir konumda kalmadığını; aksine belirli sosyal ve kültürel çevrelerde üretici, düzenleyici ve aktarıcı bir role sahip olabildiğini göstermektedir (Özcan, 2003, s. 157). Bu durum, özel alanın kadınlar açısından yalnızca sınırlayıcı bir mekân değil, aynı zamanda müziksel bilgi, repertuvar ve estetik beğeninin üretildiği bir kültürel aktarım zemini olarak da işlev gördüğünü düşündürmektedir. Bununla birlikte Cumhuriyet dönemi, kadın müzisyen kimliğinin daha belirgin biçimde kamusal ve mesleki bir karakter kazandığı tarihsel bir eşik olarak değerlendirilebilir. Modernleşme politikaları, eğitim kurumlarının yaygınlaşması, sahne pratiklerinin dönüşmesi, radyo yayıncılığı ve plak teknolojisinin gelişmesi, kadınların müzik alanındaki görünürlüğünü yeni mecralara taşımıştır. Bu süreçte Safiye Ayla gibi kadın icracılar, yalnızca sahnede yer alan ses sanatçıları değil, Cumhuriyet'in kültürel dönüşümünü temsil eden kamusal figürler olarak öne çıkmıştır. Safiye Ayla, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e geçiş sürecinin sosyal ve kültürel değişimlerine tanıklık eden ve klasik Türk müziğinde kadın icracı kimliğinin önemli temsilcilerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Sönmez, 2022, s. 84). Dolayısıyla Cumhuriyet dönemi kadın müzisyenleri, müziğin yalnızca icra boyutunda değil; kayıt, dolaşım, temsil ve toplumsal kabul süreçlerinde de yeni bir görünürlük alanı oluşturmuştur.

Bu noktada kadın müzisyen kimliğinin dönüşümü, Osmanlı'daki mahremiyet eksenli müzik ortamları ile Cumhuriyet'in kamusal sanat kurumları arasında basit bir kopuş olarak değil, süreklilik ve yeniden yapılanma ilişkisi içinde ele alınmalıdır. Osmanlı döneminde saray, konak ve meşk çevrelerinde gelişen kadın müzik pratikleri, Cumhuriyet döneminde kurum, sahne, radyo ve plak aracılığıyla daha geniş toplumsal dolaşıma açılmıştır. Böylece kadınların müzik alanındaki varlığı, özel çevrelerde sürdürülen estetik bir uğraş olmaktan çıkarak kamusal kültürün, mesleki sanat alanının ve modernleşme söyleminin görünür bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Türk modernleşmesi sürecinde kadınların müzik alanındaki etkinliği, toplumsal cinsiyet perspektifiyle değerlendirildiğinde, müzik politikaları ve kültürel dönüşüm süreçlerinin kadınların kamusal görünürlüğü üzerinde belirleyici bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle kadın müzisyen kimliği, hem Osmanlı musiki mirasının sürekliliğini hem de Cumhuriyet'in kamusal-profesyonel sanat anlayışını birlikte okumaya imkân veren çok katmanlı bir araştırma alanı sunmaktadır (Şengül, 2023, s. 109).

Araştırma Problemi

Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan tarihsel süreç, kadınların müzik sanatındaki konumunun yalnızca bireysel yetenek, icra becerisi ya da sanatsal üretim üzerinden açıklanamayacağını göstermektedir. Bu süreç, aynı zamanda müziksel etkinliğin gerçekleştiği mekânların, sanat eğitimi kurumlarının, kültürel temsil biçimlerinin ve toplumsal cinsiyet rejimlerinin dönüşümüyle yakından ilişkilidir. Osmanlı döneminde kadınların müzikle ilişkisi büyük ölçüde harem, saray, konak, ev içi meşk ortamları ve sınırlı toplumsal icra alanları içinde şekillenirken; Cumhuriyet döneminde bu ilişki konservatuvarlar, öğretmen yetiştiren kurumlar, sahne, radyo ve plak kültürü gibi daha kamusal ve kurumsal yapılar aracılığıyla yeniden tanımlanmıştır. Bu bağlamda araştırmanın temel problemi, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e geçiş sürecinde kadınların müzik sanatındaki rollerinin hangi mekânsal, kurumsal ve kültürel dönüşümler aracılığıyla yeniden tanımlandığını ortaya koymaktır. Bu temel problem doğrultusunda araştırmada şu alt sorulara yanıt aranmıştır:

- Osmanlı musiki hayatında kadınların icra, eğitim, meşk, aktarım ve bestecilik alanlarındaki görünürlüğü hangi tarihsel ve kültürel bağlamlarda oluşmuştur?
- Modernleşme süreci ve Cumhuriyet dönemi kurumlaşması, kadın müzisyen kimliğini hangi yollarla kamusal, mesleki ve profesyonel bir niteliğe kavuşturmuştur?
- Kadınların müzik sanatındaki dönüşümü, resim ve tiyatro gibi diğer sanat dallarında ortaya çıkan kadın görünürlüğüyle birlikte nasıl yorumlanabilir?

Bu araştırma problemi, tarihsel bir betimleme sunmanın ötesinde, kadın müzisyen kimliğinin dönüşümünü sanat sosyolojisi ve toplumsal cinsiyet çalışmaları açısından çok boyutlu biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Bu yönüyle çalışma, kadınların müzik sanatındaki tarihsel görünürlüğünü yeniden yorumlamayı ve çağdaş müzik eğitiminin kapsayıcı, çoğulcu ve temsil adaletine duyarlı yapısına kavramsal ve pedagojik bir katkı sunmayı amaçlamaktadır. Sanat tarihi yazımında kadın bestekâr, icracı ve eğitimci figürlerinin çoğu zaman sınırlı biçimde temsil edilmesi, öğrencilerin sanat tarihini erkek merkezli bir başarı kronolojisi olarak algılamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle kadınların müzik sanatındaki konumunu tarihsel süreklilikler ve kırılmalar üzerinden yeniden tartışmak, hem sanat tarihi yazımında temsil adaleti hem de çağdaş müzik eğitiminin kapsayıcı niteliği açısından önem taşımaktadır. Böylece araştırma, kadın müzisyen kimliğinin Osmanlı'daki mahrem ve yarı-kamusal icra ortamlarından Cumhuriyet'in kamusal, kurumsal ve profesyonel sanat alanlarına uzanan dönüşümünü çok boyutlu biçimde incelemeyi amaçlamaktadır.

2. KAVRAMSAL VE TARİHSEL ÇERÇEVE

2.1. Osmanlı Musiki Kültüründe Kadın: Mahremiyet, Meşk ve Üretim

Osmanlı musiki hayatında kadınların konumu, "kamusal görünmezlik" ile "kültürel etkinlik" arasındaki gerilimli bir zeminde şekillenmiştir. Harem ve konak çevreleri, yalnızca özel yaşam alanları değil, aynı zamanda musiki eğitiminin, icranın ve zevk terbiyesinin üretildiği kültürel mekânlar olarak değerlendirilmelidir. Haremde yetişen cariyeler, hanım sultanlar ve saray çevresindeki kadınlar; ud,

tanbur, kanun gibi çalgılarla veya hanendelik rolleriyle musiki meclislerinde yer alabilmişlerdir. Bu durum, kadınların musiki alanındaki varlığının yalnızca edilgen bir dinleyicilikle sınırlı olmadığını göstermektedir (Beşiroğlu, 2006, s. 19) Meşk sistemi, Osmanlı/Türk musikisinin kuşaktan kuşağa aktarılmasında temel pedagojik mekanizmalardan biri olmuştur. Kadınların bu sistem içindeki varlığı, çoğu zaman yazılı kaynakların sınırlılığı nedeniyle izlenmesi güç bir alandır; ancak kadın bestekârlar ve saray çevresindeki musikişinas kadınlara ilişkin kayıtlar, bu katılımın tarihsel sürekliliğe sahip olduğunu düşündürmektedir. Kadınların müzik alanındaki konumu yalnızca icracılıkla sınırlı değildir; 19. yüzyıl Türk müziği kadın bestekârlarının makam, usûl ve form tercihleri üzerinden repertuvara katkı sundukları, bu nedenle müziksel yapıyı biçimlendiren üretici aktörler olarak değerlendirilmesi gerektiği görülmektedir (Yağcı & Adar, 2021, s. 77). Kadınların musiki pratikleri sarayla sınırlı değildir. Halk eğlenceleri, seyirlik oyunlar ve çengi geleneği, kadın bedeninin ve sesinin toplumsal eğlence kültürü içinde görünür olduğu başka bir alanı temsil eder. Bununla birlikte bu görünürlük, çoğu zaman profesyonel sanatçılık statüsünden çok gösteri ve eğlence işlevi üzerinden tanımlanmıştır. Bu nedenle Osmanlı bağlamında kadın müzisyenliğini değerlendirirken, saray/konak musiki kültürü ile şehir eğlence kültürü arasındaki statü farklılıklarını dikkate almak gerekir.

2.2. Modernleşme Eşiği: Tanzimat, Batılılaşma ve Yeni Müzikal Kimlikler

Tanzimat ve sonrasındaki modernleşme süreci, Osmanlı toplumunda eğitim, sanat ve gündelik hayat pratiklerinde önemli dönüşümler yaratmıştır. Müzik bu dönüşümün hem nesnesi hem de göstergesi hâline gelmiştir. XIX. yüzyılda Osmanlı sarayında Batı müziği eğitiminin yaygınlaşması, Avrupa kökenli müzisyenlerin etkisi ve piyanonun saray çevresinde öne çıkması, kadınların müzikle kurduğu ilişkiye yeni bir yön kazandırmıştır. Saraylı kadınların ders, konser ve beste üretimi yoluyla Batı müziği formlarıyla temas kurmaları, kadın müzisyen kimliğinin modernleşme sürecinde yeni temsil alanlarına açıldığını göstermektedir (Küçümen, 2018, s. 48). Bu dönemde kadınların müzik eğitimi, bir yandan "terbiye" ve "zarafet" göstergesi olarak ev içi kültürel sermayenin parçası hâline gelirken, diğer yandan profesyonel sanatçılık ve eğitimcilik için gerekli altyapıyı hazırlamıştır. Piyano, bu bağlamda yalnızca bir enstrüman değil, modernleşme, Batılılaşma ve sınıfsal temsilin sembolik bir göstergesi olarak anlam kazanmıştır. Ancak bu sembolik değer, kadınların sanatsal özneliğini her zaman doğrudan özgürleştirmemiş; çoğu durumda müzik, kadın için kontrollü ve makbul bir modernlik alanı olarak sınırlandırılmıştır.

Erken modernleşme döneminde müzik alanında gözlenen bu ikili yapı, resim ve tiyatro gibi sanat dallarında da izlenebilir. Kadınların güzel sanatlar eğitimi alma imkânı, İnas Sanayi-i Nefise Mektebi gibi kurumlarla daha görünür hâle gelmiş; fakat bu görünürlük mekân, müfredat ve toplumsal kabul açısından erkeklerle eşit koşullar anlamına gelmemiştir. Kadınlara açılan sanat eğitimi alanlarının çoğu zaman sınırlı imkânlar ve kurumsal eşitsizlikler içinde geliştiği görülmektedir (Tunç, 2018, s. 79).

2.3. Cumhuriyet Dönemi: Kurumsallaşma, Sahne ve Profesyonel Kimlik

Cumhuriyet dönemi, kadınların müzik sanatındaki konumunun kamusal ve kurumsal düzlemde yeniden tanımlandığı bir eşik oluşturmuştur. Musiki Muallim Mektebi'nin 1924 yılında kurulması, Türkiye'de müzik öğretmeni yetiştirme bakımından tarihsel bir dönüm noktasıdır. Musiki Muallim Mektebi, Cumhuriyet'in ilanından sonra müzik öğretmeni yetiştirmek amacıyla faaliyete geçirilen ilk müstakil kurumlardan biri olarak değerlendirilmekte; 1934'te Millî Musiki ve Temsil Akademisi, 1937'de ise Gazi Terbiye Enstitüsü çizgisiyle ilişkilenen bir kurumsal dönüşüm süreci yaşamıştır (Tangülü & Becerikli, 2020, s. 459).

Bu kurumsal süreç, kadınların müzik alanındaki varlığını "özel yetenek" veya "ev içi kültürel beceri" olmaktan çıkarıp mesleki kimliğe dönüştürme potansiyeli taşımıştır. Konservatuvarlar, öğretmen okulları, sahne kurumları, radyo ve plak teknolojileri kadın müzisyenlerin görünürlüğünü artırırken, aynı zamanda sanatçılığın ölçütlerini de yeniden belirlemiştir. Böylece kadın müzisyen, yalnızca aile meclisinde veya saray/konak çevresinde performans sergileyen bir figür olmaktan çıkıp, eğitimci, yorumcu, ses sanatçısı, çalgıcı ve repertuvar aktarıcısı olarak kamusal bir meslek alanına yerleşmiştir.

Bununla birlikte Cumhuriyet modernleşmesinin müzik politikaları, toplumsal dönüşüm ve kültürel yönlendirme arasında karmaşık bir gerilim üretmiştir. Erken Cumhuriyet dönemindeki müzik politikalarının, modernleşme ve Batılılaşma idealleri doğrultusunda yeni bir kültürel zevk, dinleme alışkanlığı ve estetik yönelim inşa etmeye yönelik olduğu görülmektedir (Tekelioğlu, 2001, s. 97). Kadınların kamusal sanat alanına dâhil oluşu da bu kültürel politika bağlamından bağımsız değildir; modern kadın kimliği, hem özgürleşme hem de ulusal modernleşme idealinin temsilî bir bileşeni olarak konumlandırılmıştır.

2.4. Toplumsal Cinsiyet ve Sanat Alanında Görünürlük

Toplumsal cinsiyet, kadın ve erkek kimliklerinin yalnızca biyolojik farklılıklar üzerinden değil; tarihsel, kültürel, kurumsal ve ideolojik süreçler aracılığıyla inşa edildiğini ifade eden temel bir kavramdır. Sanat alanı da bu inşa sürecinden bağımsız değildir. Sanat tarihinin uzun dönemler boyunca erkek sanatçılar, erkek besteciler, erkek icracılar ve erkek kurumsal aktörler üzerinden yazılması, kadınların sanatsal üretimdeki varlığının çoğu zaman ikincil, görünmez ya da istisnai bir konuma itilmesine neden olmuştur. Kadınların sanat alanındaki sınırlı görünürlüğü, bireysel yetenek eksikliğiyle değil; eğitim olanaklarına erişim, kurumsal dışlanma, mesleki ağlara katılım ve sanat piyasasındaki yapısal eşitsizliklerle ilişkilidir (Nochlin, 1971, s. 29). Bu bakımdan kadın sanatçının görünürlüğü, yalnızca eser üretmesiyle değil, ürettiği eserin kamusal dolaşıma girmesi, kayıt altına alınması, eleştirel söylemde yer bulması ve kurumsal hafızaya dâhil edilmesiyle mümkün olmaktadır.

Sanat alanında görünürlük meselesi, özellikle feminist sanat tarihi ve kültür sosyolojisi açısından kanon, temsil ve iktidar ilişkileriyle birlikte ele alınmaktadır. Sanat tarihi yazımı, nötr bir estetik anlatıdan çok, belirli bakış biçimlerini ve kurumsal değerleri yeniden üreten ideolojik bir alan olarak değerlendirilebilir. Bu yaklaşım, kadın sanatçıların temsilini görünürlük eksikliğinin ötesinde, sanat tarihinin hangi ölçütlerle kurulduğu sorusu üzerinden tartışmaya imkân tanır (Pollock, 1988, s. 16). Bu çerçevede kadınların sanatsal görünürlüğü, yalnızca "kadın sanatçıların sayıca artması" meselesi değildir; aynı zamanda sanatın kim tarafından tanımlandığı, hangi üretim biçimlerinin meşru kabul edildiği ve hangi estetik pratiklerin tarihsel değer kazandığı sorularıyla ilgilidir. Dolayısıyla kadın sanatçının görünürlüğü; eğitim kurumları, sahne mekânları, yayıncılık, arşiv, konservatuvar, akademi, radyo, plak ve medya gibi yapılarla birlikte düşünülmelidir. Türk modernleşmesi bağlamında kadınların müzik alanındaki görünürlüğü, Osmanlı'nın son döneminden Cumhuriyet'in erken yıllarına uzanan dönüşüm süreci içinde değerlendirilmelidir. Müzik alanında kadınların konumunu değerlendirirken meseleyi yalnızca müziksel pratiklerin iç dinamikleriyle açıklamak yeterli değildir; kadın müzisyenlerin görünürlüğü, eğitim olanakları, mesleki erişim, kurumsal temsiliyet ve toplumsal yaşamın genel dönüşümleriyle birlikte ele alınmalıdır (Makal, 2020, s. 777). Bu yaklaşım, kadınların müzik alanındaki görünürlüğünün yalnızca bireysel icracılık başarısı üzerinden değil, modernleşme, Batılılaşma, eğitim politikaları ve kamusal kültür bağlamında okunması gerektiğini göstermektedir. Özellikle Osmanlı'da saray, harem, konak ve özel meşk ortamlarında gelişen kadın müzisyenliği; Cumhuriyet döneminde konservatuvarlar, öğretmen okulları, sahne, radyo ve plak kayıtları aracılığıyla daha kurumsal ve kamusal bir niteliğe kavuşmuştur. Osmanlı'da kadınların harem ve konak çevrelerinde belirli düzeyde sistemli bir müzik eğitimi alabildikleri; ancak bu müziksel üretim ve aktarım süreçlerinin çoğu zaman kapalı ya da sınırlı sosyal çevreler içinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum, kadın müzisyenin tarihsel varlığı ile kamusal görünürlüğü arasında önemli bir ayrım bulunduğunu göstermektedir (Güvençoğlu, 2021, s. 54).

Bu bağlamda sanat alanında toplumsal cinsiyet temelli görünürlük, iki yönlü bir süreç olarak değerlendirilebilir. Birinci yön, kadınların müziksel üretime tarihsel olarak katılmış olmalarıdır. Osmanlı saray çevresindeki hanende, sazende, bestekâr ve meşk geleneğine katılan kadınlar bu tarihsel sürekliliğin önemli göstergeleridir. İkinci yön ise bu üretimin kamusal, kurumsal ve akademik düzeyde tanınmasıdır. Cumhuriyet döneminde kadınların müzik eğitimi kurumlarına erişimi, sahne sanatlarında yer alması, öğretmenlik mesleği içinde konumlanması ve radyo/plak gibi modern kitle iletişim araçlarıyla görünür hâle gelmesi, kadın müzisyen kimliğinin toplumsal meşruiyetini artırmıştır.

2.5. Özel Alandan Kamusal Alana Kadın Müzisyen Kimliği

Kadın müzisyen kimliğinin Osmanlı'dan Cumhuriyet'e dönüşümü, özel alan ile kamusal alan arasındaki sınırların yeniden düzenlenmesiyle yakından ilişkilidir. Osmanlı toplumunda kadınların müzikle ilişkisi büyük ölçüde saray, harem, konak, aile çevresi ve özel meşk ortamlarında biçimlenmiştir. Bu ortamlar kadınların müzik eğitimi almalarına ve icracılık becerilerini geliştirmelerine olanak tanımış; ancak söz konusu üretim çoğu zaman sınırlı bir dinleyici çevresi içinde kalmıştır. Bu nedenle Osmanlı'da kadın müzisyen kimliği bütünüyle yok değildir; fakat çoğunlukla özel alanın sınırları içinde tanımlanmıştır. Osmanlı'da kadınların müzikle ilişkisi harem, saray ve konak çevrelerinde güçlü bir eğitim ve icra geleneğine dayanmakta; ancak bu gelenek erkek müzisyenlerin kamusal görünürlüğüyle aynı düzeyde tarihsel kayda geçmemektedir (Güvençoğlu, 2021, s. 64). Bu durum, kadın müzisyenin tarihsel üretkenliği ile toplumsal tanınırlığı arasında önemli bir mesafe olduğunu göstermektedir.

Özel alandan kamusal alana geçiş süreci, özellikle Tanzimat sonrası Batılılaşma hareketleriyle ivme kazanmıştır. 19. yüzyılda piyano, Osmanlı kentli ve seçkin kadınları için yalnızca bir çalgı değil; aynı zamanda modernleşme, Avrupai kültür ve sosyal statü göstergesi hâline gelmiştir. XIX. yüzyılda kadın sultanlar, devlet adamlarının kızları ve varlıklı ailelere mensup kadınlar özel hocalar aracılığıyla piyano eğitimi almaya başlamış; bu süreç, kadınların müziksel donanım kazanmasının yanında sosyal hayata katılımlarını kolaylaştıran kültürel bir basamak işlevi görmüştür (Güzel, 2021, s. 249). Bu noktada piyano eğitimi, kadının müziksel becerisini geliştiren bir pratik olmanın ötesinde, özel alan içinde başlayan modern kadın kimliğinin kamusal kültüre açılmasını sağlayan sembolik bir araç olarak değerlendirilebilir. Böylece kadın müzisyen kimliği, geleneksel meşk ve saray çevresinden Batılı müzik eğitimi, salon kültürü ve kentli modernleşme pratiklerine doğru genişleyen bir kimlik alanı kazanmıştır.

Cumhuriyet dönemi ise kadın müzisyen kimliğinin kamusal ve kurumsal düzeyde yeniden tanımlandığı temel tarihsel eşiklerden biridir. Cumhuriyet'in kültür politikaları, kadınları modern toplumun görünür ve üretken özneleri olarak konumlandırmış; bu yaklaşım müzik eğitimi ve sahne sanatları alanında da etkili olmuştur. Musiki Muallim Mektebi, konservatuvarlar, öğretmen okulları, radyolar ve sahne kurumları, kadınların müzik alanında yalnızca icracı değil, aynı zamanda eğitimci, yorumcu ve kültürel temsilci olarak yer almalarının önünü açmıştır. Cumhuriyet'in erken döneminde müzik eğitiminin çağdaşlık, ulusallık ve evrensellik ilkeleri doğrultusunda yapılandırıldığı belirtilmektedir. Bu bağlamda kadın müzisyen, artık yalnızca aile veya saray çevresinde müzik icra eden bir figür değil; modern ulus-devletin kültürel inşasında görev alan profesyonel bir sanat ve eğitim öznesi hâline gelmiştir (Şahin & Duman, 2008, s. 272).

Kadın müzisyen kimliğinin kamusal alana taşınması, aynı zamanda toplumsal cinsiyet rejiminin sınırlarıyla müzakere edilen bir süreçtir. Kadınların toplumsal yapı içinde tamamen edilgen aktörler olarak değerlendirilmesi, toplumsal cinsiyet ilişkilerinin tarihsel ve kültürel bağlamını yeterince açıklamamaktadır. Kadınlar, mevcut normlar, kurumlar ve beklentiler içinde kimi zaman sınırlı hareket alanlarına sahip olsalar da bu sınırlar içinde belirli stratejiler geliştirerek konumlarını yeniden müzakere edebilmektedir. Bu yaklaşım, kadınların müzik alanındaki görünürlüğünü yalnızca baskılanma ya da dışlanma üzerinden değil, aynı zamanda mevcut toplumsal yapı içinde geliştirilen uyum, direnç, temsil ve müzakere pratikleri üzerinden değerlendirmeye imkân tanımaktadır (Kandiyoti, 1988, s. 280). Bu yaklaşım, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e kadın müzisyen kimliğini anlamak açısından işlevseldir. Çünkü kadınlar bir yandan geleneksel ahlak, mahremiyet ve aile merkezli toplumsal normlarla sınırlandırılmış; diğer yandan müzik eğitimi, sahne, radyo ve öğretmenlik gibi alanlar aracılığıyla kamusal görünürlük kazanmıştır. Kamusal alan, her bireyin eşit koşullarda temsil edildiği nötr bir toplumsal zemin olarak değerlendirilmemelidir. Aksine kamusal görünürlük; toplumsal cinsiyet, iktidar ilişkileri, kültürel normlar ve kurumsal erişim olanaklarıyla şekillenen tarihsel bir süreçtir. Bu bağlamda kadın müzisyenlerin kamusal alana çıkışı yalnızca sahne, kurum ya da kayıt teknolojileri aracılığıyla görünür olmaları anlamına gelmez; aynı zamanda sanatsal otorite, mesleki meşruiyet ve kültürel temsil hakkı kazanmaları açısından da değerlendirilmelidir (Fraser, 1990, s. 73). Bu nedenle kadın müzisyenin kamusal alana çıkışı yalnızca fiziksel bir görünürlük değil; aynı zamanda kültürel meşruiyet, mesleki kabul ve sanatsal otorite kazanma sürecidir.

Dolayısıyla, özel alandan kamusal alana kadın müzisyen kimliği, kopuştan çok süreklilik ve dönüşüm içinde okunmalıdır. Osmanlı'da harem, saray ve konak çevresinde gelişen kadın müzik pratikleri,

Cumhuriyet döneminde kurumsal eğitim, sahne, radyo ve kayıt teknolojileriyle yeni bir kamusal form kazanmıştır. Bu dönüşüm, kadının müzik alanındaki varlığını görünür kılmakla kalmamış; aynı zamanda kadın müzisyen kimliğini profesyonel, eğitsel ve kültürel bir özne olarak yeniden tanımlamıştır. Böylece kadın müzisyen, geleneksel müzik ortamlarının mahrem figüründen modern Türkiye'nin kamusal sanat aktörüne dönüşmüş; bu dönüşüm de müzik tarihi, toplumsal cinsiyet çalışmaları ve kültürel modernleşme araştırmaları açısından çok katmanlı bir inceleme alanı oluşturmuştur.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde doküman analizi ve yorumlayıcı tarihsel çözümleme desenine göre yapılandırılmıştır. Araştırmada Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte kadın müzisyen kimliğinin dönüşümü; mekân, kurum, müziksel rol, kamusal görünürlük ve toplumsal cinsiyet ilişkileri bağlamında ele alınmıştır. Bu doğrultuda çalışma, tarihsel olayları yalnızca kronolojik biçimde aktarmayı değil, kadınların müzik sanatındaki konumunun hangi toplumsal, kültürel ve kurumsal koşullar içinde değiştiğini yorumlamayı amaçlamaktadır.

Araştırmanın veri kaynaklarını Osmanlı ve Cumhuriyet dönemi müzik kültürü, kadın bestekârlar, kadın icracılar, müzik eğitimi kurumları, modernleşme politikaları ve toplumsal cinsiyet bağlamında yayımlanmış akademik makaleler, kitap bölümleri, ansiklopedi maddeleri, tezler ve tarihsel incelemeler oluşturmaktadır. Doküman analizi, yazılı belgelerin sistematik biçimde incelenmesi, sınıflandırılması ve yorumlanması yoluyla nitel veri üretmeye imkân veren bir araştırma tekniği olarak değerlendirilmiştir (Bowen, 2009, s. 34). Verilerin analizinde tematik analiz ve betimsel analiz birlikte kullanılmıştır. İlk aşamada literatürde yer alan bilgiler kadın müzisyen kimliği, meşk kültürü, harem ve saray çevresi, ev içi müzik eğitimi, çengi geleneği, kadın bestekârlığı, Cumhuriyet dönemi müzik kurumları, sahne, radyo, plak kültürü ve müzik eğitimi başlıkları altında taranmıştır. İkinci aşamada bu bilgiler araştırmanın problemine uygun olarak belirli temalar etrafında yeniden sınıflandırılmıştır. Analiz sürecinde dört temel tema esas alınmıştır: mekânsal dönüşüm, rol dönüşümü, kurumsal dönüşüm ve kamusal görünürlük. Bu yöntemsel çerçeve doğrultusunda araştırma, kadınların müzik sanatındaki konumunu özel alandan kamusal alana geçiş, meşk kültüründen kurumsal müzik eğitimine yönelim ve sınırlı görünürlükten profesyonel sanat öznesine dönüşüm eksenlerinde incelemektedir. Böylece çalışma, kadın müzisyen kimliğini hem Osmanlı musiki mirasının sürekliliği hem de Cumhuriyet'in modernleşme ve kurumsallaşma politikaları bağlamında değerlendiren çok katmanlı bir analiz sunmayı amaçlamaktadır.

4. BULGULAR

4.1. Mekânsal Dönüşüm: Haremden ve Ev İçi Meşkten Kamusal Sanat Alanına

Tablo 1.

Dönem	Tematik görünüm	Analitik açıklama
Osmanlı Dönemi	Harem, saray, konak, ev içi meşk ortamları ve özel meclisler	Kadınların müzikle ilişkisi çoğunlukla mahrem ya da yarı-kamusal icra alanlarında şekillenmiştir.
Geçiş/Modernleşme Süreci	Ev içi dersler, aile konserleri, şehir eğlence kültürü ve yarı-kamusal müzik ortamları	Müzik pratikleri özel alandan kentli sosyal çevrelere doğru genişlemiş; görünürlük sınırlı fakat artan bir nitelik kazanmıştır.
Cumhuriyet Dönemi	Okul, konservatuvar, sahne, radyo, plak stüdyosu ve kamusal müzik kurumları	Kadın müzisyen kimliği kamusal, kurumsal ve profesyonel mekânlarda daha görünür hâle gelmiştir.

Tablo 1, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte kadın müzisyen kimliğinin mekânsal bağlamda geçirdiği dönüşümü göstermektedir. Osmanlı döneminde kadınların müzikle ilişkisi daha çok harem, saray, konak, ev içi meşk ortamları ve özel meclisler gibi mahrem ya da yarı-kamusal alanlarda biçimlenmiştir. Bu durum, kadınların müziksel üretim ve icra süreçlerinde bütünüyle edilgen

olmadıklarını; ancak görünürlüklerinin sınırlı sosyal çevreler içinde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Geçiş/modernleşme sürecinde ev içi dersler, aile konserleri ve kentli eğlence kültürü aracılığıyla kadınların müzik pratikleri özel alanın sınırlarını aşmaya başlamış; buna karşın kamusal görünürlük henüz tam anlamıyla kurumsal bir niteliğe kavuşmamıştır. Cumhuriyet döneminde ise okul, konservatuvar, sahne, radyo ve plak stüdyosu gibi kurumlaşmış müzik ortamları, kadın müzisyen kimliğini daha görünür, profesyonel ve kamusal bir zemine taşımıştır. Bu bağlamda mekânsal dönüşüm, kadınların müzik alanındaki konumunun yalnızca icra mekânlarının değişmesiyle değil, aynı zamanda toplumsal meşruiyet, mesleki kimlik ve kültürel temsil biçimlerinin yeniden kurulmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda "kamusal görünürlük" ile "sanatsal etkinlik" birbirinden ayrılmalıdır. Kadınların kamusal sahnede sınırlı görünmesi, onların müziksel üretimden tamamen dışlandığı anlamına gelmez. Aksine, saray ve konak çevresinde müzik eğitimi alan kadınlar, icra ve aktarım süreçlerinde önemli roller üstlenebilmişlerdir. Cumhuriyet döneminde mekânsal dönüşüm, yalnızca sahneye çıkmakla sınırlı değildir. Radyo stüdyosu, plak kayıt ortamı, konservatuvar sınıfı ve öğretmen okulu gibi yeni mekânlar, kadınların müziksel bilgisini kayıt altına alan, dolaşıma sokan ve mesleki statüye dönüştüren alanlar hâline gelmiştir. Böylece kadın müzisyenliğinin mekânı özel meclisten kurumsal ve kamusal alana doğru genişlemiş; bu genişleme sanatçılık statüsünü de dönüştürmüştür.

4.2. Kadın Müzisyen Kimliğinde İcra, Eğitim ve Temsil Rollerinin Dönüşümü

Dönem	Tematik görünüm	Analitik açıklama
Osmanlı Dönemi	Hanende, sazende, bestekâr, meşk aktarıcısı ve müziksel hafıza taşıyıcısı	Kadınlar icra ve aktarım süreçlerinde etkin olmakla birlikte rolleri çoğu zaman sınırlı sosyal çevrelerde tanınmıştır.
Geçiş/Modernleşme Süreci	Piyano öğrencisi, özel ders alan icracı, kentli sanat meraklısı ve modernleşen kadın figürü	Batı müziği eğitimi ve özel dersler, kadınların müziksel rollerini yeni kültürel temsil biçimleriyle ilişkilendirmiştir.
Cumhuriyet Dönemi	Profesyonel sanatçı, müzik öğretmeni, sahne icracısı, radyo/plak sanatçısı ve kültürel temsilci	Kadınlar müzik alanında mesleki kimlik, pedagojik sorumluluk ve kamusal temsil kazanmıştır.

Tablo 2, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte kadın müzisyen kimliğinin rol düzeyinde geçirdiği dönüşümü ortaya koymaktadır. Osmanlı döneminde kadınlar hanende, sazende, bestekâr, meşk aktarıcısı ve müziksel hafıza taşıyıcısı olarak musiki hayatında çeşitli roller üstlenmiştir. Ancak bu roller çoğu zaman saray, konak, harem ve özel meşk çevreleri gibi sınırlı sosyal alanlarda tanınmış; kadınların müziksel üretimi geniş kamusal dolaşıma aynı ölçüde yansımamıştır. Geçiş ve modernleşme sürecinde Batı müziği eğitiminin yaygınlaşması, piyano dersleri, özel hocalar ve kentli kültürel çevreler kadınların müzikle kurduğu ilişkiye yeni anlamlar kazandırmıştır. Bu dönemde kadın müzisyen kimliği, geleneksel icra ve aktarım rollerinin yanında modernleşen, eğitim alan ve kültürel temsil değeri taşıyan bir figür olarak belirginleşmiştir. Cumhuriyet döneminde ise kadınlar profesyonel sanatçı, müzik öğretmeni, sahne icracısı, radyo/plak sanatçısı ve kültürel temsilci kimlikleriyle müzik alanında daha kurumsal ve kamusal roller üstlenmiştir. Bu bağlamda rol dönüşümü, kadınların müzik sanatındaki konumunun edilgen bir katılımdan aktif üretim, eğitim, temsil ve profesyonelleşme alanlarına doğru genişlediğini göstermektedir.

4.3. Kadın Müzisyen Kimliğinin Kurumsal Zeminde Dönüşümü

Dönem	Tematik görünüm	Analitik açıklama
Osmanlı Dönemi	Meşk geleneği, saray terbiyesi, usta-çırak ilişkisi ve konak çevresi	Müzik eğitimi ve aktarımı ağırlıklı olarak geleneksel, kişisel ve çevresel ilişkiler üzerinden sürdürülmüştür.
Geçiş/Modernleşme Süreci	Tanzimat ve Meşrutiyet dönemi eğitim reformları, özel öğretim ve Batı müziği etkisi	Modernleşme süreci müzik eğitimini yeni pedagojik, kültürel ve sınıfsal anlamlarla ilişkilendirmiştir.
Cumhuriyet Dönemi	Musiki Muallim Mektebi, konservatuvarlar, güzel sanatlar kurumları, temsil ve yayın kurumları	Kadın müzisyen kimliği kurumsal eğitim, kültür politikaları ve yayın mekanizmaları içinde profesyonel bir zemine taşınmıştır.

Tablo 3, kadın müzisyen kimliğinin Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte kurumsal yapı bakımından nasıl dönüştüğünü göstermektedir. Osmanlı döneminde müzik eğitimi ve aktarımı büyük ölçüde meşk geleneği, saray terbiyesi, usta-çırak ilişkisi ve konak çevresi gibi geleneksel yapılar içinde sürdürülmüştür. Bu dönemde kadınların müzikle ilişkisi belirli çevrelerde güçlü bir aktarım zemini bulsa da kurumsal ve kamusal bir eğitim yapısına tam olarak dönüşmemiştir. Tanzimat ve Meşrutiyet dönemlerinde ise eğitim reformları, özel dersler ve Batı müziği etkisiyle müzik eğitimi yeni pedagojik ve kültürel anlamlar kazanmaya başlamıştır. Cumhuriyet döneminde Musiki Muallim Mektebi, konservatuvarlar, güzel sanatlar kurumları, temsil ve yayın kurumları aracılığıyla kadın müzisyen kimliği daha sistemli, mesleki ve kurumsal bir zemine taşınmıştır. Bu dönüşüm, kadınların müzik alanındaki varlığının geleneksel aktarım çevrelerinden çıkarak modern eğitim kurumları, kültür politikaları ve kamusal sanat yapıları içinde profesyonel bir kimlik kazanmasını sağlamıştır.

4.4. Kadın Müzisyen Kimliğinde Kamusal Görünürlük ve Temsil Dönüşümü

Dönem	Tematik görünüm	Analitik açıklama
Osmanlı Dönemi	Mahremiyet içinde sınırlı fakat üretken müziksel varlık	Kadınların müziksel üretimi bütünüyle yok sayılamaz; ancak görünürlük çoğu zaman kapalı çevrelerle sınırlıdır.
Geçiş/Modernleşme Süreci	Modernleşme göstergesi, sınıfsal kültürel sermaye ve toplumsal görünürlüğe hazırlık	Müzik, kadınların eğitimli ve kentli kimliklerinin kültürel temsilinde önemli bir araç hâline gelmiştir.
Cumhuriyet Dönemi	Kamusal görünürlük, mesleki meşruiyet, profesyonelleşme ve kültürel temsil	Kadın müzisyen kimliği sahne, eğitim, yayın ve kayıt alanlarında toplumsal meşruiyet kazanmıştır.

Tablo 4, kadın müzisyen kimliğinin Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte kamusal görünürlük ve temsil bakımından geçirdiği dönüşümü ortaya koymaktadır. Osmanlı döneminde kadınların müziksel varlığı bütünüyle yok sayılamaz; ancak bu varlık çoğunlukla harem, saray, konak ve özel meşk çevreleri gibi kapalı ya da sınırlı sosyal alanlarda görünürlük kazanmıştır. Bu nedenle kadın müzisyen kimliği, üretken fakat kamusal dolaşımı sınırlı bir yapı içinde şekillenmiştir. Geçiş ve modernleşme sürecinde ise müzik, kadınların eğitimli, kentli ve modernleşen kimliklerinin kültürel temsilinde önemli bir araç hâline gelmiştir. Cumhuriyet döneminde sahne, okul, radyo, plak ve yayın kurumlarının gelişmesiyle birlikte kadın müzisyen kimliği daha görünür, mesleki açıdan meşru ve profesyonel bir niteliğe kavuşmuştur. Bu bağlamda kamusal görünürlük ve temsil dönüşümü, kadınların müzik alanındaki varlığının yalnızca icra düzeyinde değil; toplumsal kabul, kültürel temsil ve mesleki tanınırlık bakımından da yeniden kurulduğunu göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e kadın müzisyen kimliğinin tek yönlü bir ilerleme anlatısı içinde değil; mekân, rol, kurum ve kamusal görünürlük eksenlerinde gelişen çok katmanlı bir dönüşüm süreci olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Tablolarda ortaya konulan tematik yapı, kadınların Osmanlı musiki kültüründe bütünüyle görünmez olmadığını; ancak bu varlığın çoğunlukla harem, saray, konak ve ev içi meşk gibi mahrem ya da yarı-kamusal alanlarda biçimlendiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle kadın müzisyen kimliği, "haremden sahneye çıkış" şeklinde basit bir kopuş anlatısından ziyade, sınırlı görünürlükten kurumsal ve kamusal temsile doğru gelişen tarihsel bir dönüşüm olarak değerlendirilmelidir. Mekânsal dönüşüm açısından bakıldığında, Osmanlı döneminde kadınların müzikle ilişkisi daha çok özel çevrelerde gelişmiş; modernleşme süreciyle birlikte ev içi dersler, aile konserleri ve kentli müzik ortamları aracılığıyla daha geniş sosyal alanlara taşınmıştır. Cumhuriyet döneminde ise okul, konservatuvar, sahne, radyo ve plak stüdyosu gibi kurumlaşmış mekânlar, kadın müzisyen kimliğine kamusal ve profesyonel bir görünürlük kazandırmıştır. Bu durum, kadınların tarihsel olarak farklı musiki çevrelerinde varlık gösterdiğini; ancak müzik tarihi yazımında çoğu zaman sınırlı biçimde temsil edildiğini belirten yaklaşımlarla da örtüşmektedir (Beşiroğlu, 2006, s. 19). Rol dönüşümü bakımından kadınlar Osmanlı döneminde hanende, sazende, bestekâr, meşk aktarıcısı ve müziksel hafıza taşıyıcısı olarak çeşitli işlevler üstlenmiştir. Geçiş/modernleşme sürecinde piyano eğitimi, özel dersler ve Batı müziği etkisi, kadın müzisyen kimliğini yeni kültürel temsil biçimleriyle ilişkilendirmiştir. Cumhuriyet döneminde ise kadınlar profesyonel sanatçı, müzik öğretmeni, sahne icracısı ve radyo/plak sanatçısı olarak daha belirgin mesleki roller kazanmıştır. Bu dönüşüm, kadınların yalnızca icracı değil, aynı zamanda repertuvarı biçimlendiren üretici aktörler olarak da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Yağcı & Adar, 2021, s. 76). Kurumsal dönüşüm bağlamında, Osmanlı'daki meşk geleneği, saray terbiyesi ve usta-çırak ilişkisi Cumhuriyet döneminde yerini daha sistemli müzik eğitimi kurumlarına bırakmıştır. Musiki Muallim Mektebi, konservatuvarlar, güzel sanatlar kurumları ve yayın mekanizmaları kadın müzisyen kimliğinin profesyonel bir zeminde tanımlanmasına katkı sağlamıştır. Bu süreçte Cumhuriyet'in müzik politikaları, kadınların müzik alanındaki varlığını yalnızca kültürel bir faaliyet olmaktan çıkararak eğitim, meslek ve kamusal temsil alanlarıyla ilişkilendirmiştir. Sonuç olarak, kadın müzisyen kimliğinin Osmanlı'dan Cumhuriyet'e dönüşümü, özel alandan kamusal alana doğru basit bir yer değiştirme değil; müziksel bilgi, kültürel sermaye, eğitim kurumları ve temsil biçimleri aracılığıyla gerçekleşen çok boyutlu bir yeniden yapılanma sürecidir. Bu bulgular, kadınların müzik tarihindeki konumunu daha görünür, kapsayıcı ve toplumsal cinsiyet duyarlılığına sahip bir perspektifle yeniden değerlendirme gerekliliğini ortaya koymaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte kadın müzisyen kimliğinin mekânsal, rol temelli, kurumsal ve kamusal görünürlük bağlamlarında önemli bir dönüşüm geçirdiğini ortaya koymaktadır. Araştırma bulguları, kadınların Osmanlı musiki kültüründe bütünüyle görünmez ya da edilgen olmadığını; harem, saray, konak ve ev içi meşk ortamlarında icracı, aktarıcı, bestekâr ve müziksel hafıza taşıyıcısı olarak çeşitli roller üstlendiklerini göstermektedir. Bununla birlikte bu rollerin çoğu zaman mahrem ya da sınırlı sosyal çevrelerde tanınması, kadın müzisyenlerin tarihsel görünürlüğünü kısıtlamıştır. Cumhuriyet dönemiyle birlikte kadın müzisyen kimliği daha kamusal, kurumsal ve profesyonel bir zeminde yeniden tanımlanmıştır. Musiki Muallim Mektebi, konservatuvarlar, güzel sanatlar kurumları, sahne, radyo ve plak kültürü gibi yapılar, kadınların müzik alanındaki varlığını yalnızca özel çevrelerle sınırlı bir uğraş olmaktan çıkarmış; eğitim, meslek, temsil ve kültürel üretim alanlarıyla ilişkilendirmiştir. Bu yönüyle kadın müzisyen kimliğinin dönüşümü, basit bir "özel alandan kamusal alana geçiş" anlatısından ziyade, müziksel bilginin, kültürel sermayenin ve sanatçı kimliğinin kurumsal meşruiyet kazanması olarak değerlendirilmelidir. Çalışmanın sonuçları, müzik tarihi yazımında kadın bestekâr, icracı, eğitimci ve kültürel aktarıcı figürlerin daha görünür kılınması gerektiğini göstermektedir. Kadınların müzik tarihindeki konumunun yalnızca istisnai başarı örnekleri üzerinden değil, toplumsal cinsiyet, eğitim olanakları, kurumlara erişim, repertuvar üretimi ve

kamusal temsil bağlamlarında ele alınması önemlidir. Bu yaklaşım, hem müzik eğitimi tarihi hem de sanat sosyolojisi açısından daha kapsayıcı ve temsil adaletine duyarlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Bu doğrultuda, müzik tarihi ve müzik eğitimi ders içeriklerinde kadın bestekârlar, kadın icracılar, kadın müzik eğitimcileri ve kadın sanat kurumlarının tarihsel rolüne daha fazla yer verilmelidir. Osmanlı ve Cumhuriyet dönemi müzik tarihi anlatıları, yalnızca erkek besteciler, kurumlar ve repertuvar merkezli bir çizgide değil; kadınların üretim, aktarım ve temsil süreçlerini de içerecek biçimde yeniden yapılandırılmalıdır. Ayrıca kadın müzisyenlerin biyografileri, eserleri, icra pratikleri ve eğitimci kimlikleri üzerine arşiv temelli yeni çalışmalar yapılması alana önemli katkı sağlayacaktır. Gelecek araştırmalarda kadın müzisyen kimliğinin dönüşümü, yalnızca yazılı kaynaklar üzerinden değil; plak kayıtları, radyo arşivleri, konser programları, konservatuvar öğrenci dosyaları, hatıratlar, mektuplar ve görsel materyaller aracılığıyla daha ayrıntılı biçimde incelenebilir. Bunun yanında Safiye Ayla, Leyla Saz, Dilhayat Kalfa, Reftar Kalfa ve benzeri kadın müzisyen figürleri üzerine karşılaştırmalı biyografik çalışmalar yapılması, kadınların müzik tarihindeki süreklilik ve dönüşüm çizgisini daha görünür hâle getirecektir. Sonuç olarak bu çalışma, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e kadın müzisyen kimliğinin mahrem icra alanlarından kamusal ve kurumsal görünürlüğe doğru ilerleyen çok katmanlı bir dönüşüm süreci içinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kadınların müzik sanatındaki tarihsel konumunun yeniden tartışılması, geçmişe dönük temsil eksikliklerini gidermenin ötesinde; çağdaş müzik eğitimi, sanat tarihi yazımı ve toplumsal cinsiyet çalışmaları açısından daha kapsayıcı, çoğulcu ve eleştirel bir akademik perspektif geliştirme gerekliliğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Beşiroğlu, Ş. Ş. (2006). İstanbul'un kadınları ve müzikal kimlikleri. *İTÜ Dergisi/B Sosyal Bilimler, 3*(2), 3–19. https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php?lng=0&pdf=0005828

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal, 9*(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Çelikel, Y. A., & Özkul, M. M. (2021). Osmanlı'dan Cumhuriyet'e modernleşme ve müzik. *Gaziantep University Journal of Social Sciences, 20*(2), 696–710. https://doi.org/10.21547/jss.860122

Çevik, A. E., & Kaltakcı, M. Y. (2011). Türk musiki geleneğinde kadın ve kadın bestekârlar. *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi, 29*, 609–638. https://izlik.org/JA75BB82CT

Güvençoğlu, Ş. (2021). Türk müziğinde akademik bir kadın müzik topluluğu: Âvâze. *Porte Akademik Müzik ve Dans Araştırmaları Dergisi, 20*, 49–72. https://doi.org/10.59446/porteakademik.1033402

Güzel, A. (2021). XIX. yüzyılda piyano ve Osmanlı kadını. *Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi, 8*(1), 246–261. https://doi.org/10.46868/atdd.96

Kandiyoti, D. (1988). Bargaining with patriarchy. *Gender & Society, 2*(3), 274–290. https://doi.org/10.1177/089124388002003004

Makal, A. (2020). Toplumsal cinsiyet açısından müzik ve kadın: Dünyada ve Türkiye'de kadın müzisyenler ve cinsiyete dayalı ayrımcılık. *Çalışma ve Toplum, 65*(2), 739–790.

Özcan, N. (2003). Leylâ Hanım. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 27, ss. 157–158). Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Araştırmaları Merkezi.

https://islamansiklopedisi.org.tr/leyla-hanim-bestekar

Pollock, G. (1988). *Vision and difference: Femininity, feminism and histories of art*. Routledge.

Sönmez, G. (2022). Cumhuriyet dönemi klasik Türk müziği kadın icracılarından Safiye Ayla'nın "Menekşelendi Sular, Sular Menekşelendi" eserinin icra özellikleri açısından incelenmesi. *Porte Akademik Müzik ve Dans Araştırmaları Dergisi, 23*, 82–102. https://doi.org/10.59446/porteakademik.1055482

Şengül, T. (2023). Türk modernleşmesi sürecinde müzik ve kadın. *Journal of International Management Educational and Economics Perspectives, 11*(2), 108–126. https://izlik.org/JA25BP64MJ

Şahin, M., & Duman, R. (2008). Cumhuriyetin yapılanma sürecinde müzik eğitimi. *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi, 7*(16–17), 259–272.

Tangülü, Z., & Becerikli, S. (2020). Musiki Muallim Mektebi (1924–1937). *Asia Minor Studies, 8*(2), 458–466. https://doi.org/10.17067/asm.747050

Tekelioğlu, O. (2001). Modernizing reforms and Turkish music in the 1930s. *Turkish Studies, 2*(1), 93–108. https://doi.org/10.1080/14683849.2001.11009175

Tunç, U. (2018). *Osmanlı modernleşmesinde eğitim, sanat ve kadın: İnas Sanayi-i Nefise Mekteb-i Âlisi örneği* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Açık Erişim Arşivi.

Yağcı, S., & Adar, Ç. (2021). 19. yüzyıl Türk müziği kadın bestekârlar üzerine bir inceleme. *Türk & İslam Dünyası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8*(31), 62–80. https://doi.org/10.29228/TIDSAD.54663

COMPREHENSIVE SCIENTIFIC EVALUATION OF THE PRINCIPAL CLINICAL, DIAGNOSTIC, AND THERAPEUTIC DIMENSIONS OF ENDOVASCULAR INTERVENTIONAL MANAGEMENT IN GASTROINTESTINAL AND DUODENAL ULCER HEMORRHAGE: A CONCISE CASE-BASED ANALYTICAL REPORT

Nodar Sulashvili [1], Gocha Chankseliani [2], Lali Patsia [3]

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences in Medicine, Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian Teaching National University SEU; Associate Affiliated Professor of Medical Pharmacology of Faculty of Medicine at Sulkhan-Saba Orbeliani University; Associate Professor of Pharmacology of Pharmacy Program at Shota Meskhia Zugdidi State University; Associate Professor of Medical and Clinical Pharmacology at School of Medicine at David Aghmashenebeli University of Georgia; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction at the University of Georgia, School of Health Sciences; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at East European University; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Dentistry and Pharmacy at Tbilisi Humanitarian Teaching University; Invited Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Teaching University "Geomedi"; Invited Lecturer (Invited Professor) of Scientific Research-Skills Center at Tbilisi State Medical University; Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University of Department of Clinical Pharmacology; Invited Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Medical Faculty at BAU International University Batumi; Invited Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at European University; Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0000-0002-9005-8577
2. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Tbilisi State University, Faculty of Medicine, Tbilisi, Georgia https://orcid.org/0000-0001-8731-9206
3. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Doctor Cardiologist at Republican Hospital, Invited Professor of Tbilisi State Medical University, Professor of Ken Walker international University, Professor of International School of Medicine at Alte University, Professor of Faculty of Medicine at Sulkhan-Saba Orbeliani University, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0009-0007-7125-6862

Abstract

Gastrointestinal bleeding secondary to peptic and duodenal ulcer disease remains one of the most significant medical and surgical emergencies worldwide, contributing substantially to morbidity, mortality, prolonged hospitalization, recurrent hemorrhage, and healthcare expenditure. Despite considerable progress in pharmacotherapy, endoscopic hemostatic techniques, intensive care management, and minimally invasive therapeutic modalities, ulcer-related hemorrhage continues to represent a major challenge in modern gastroenterology and interventional medicine. In recent decades, endovascular surgical approaches, particularly transcatheter arterial embolization, have emerged as highly effective alternatives to conventional surgical intervention in patients with refractory, recurrent, or life-threatening gastrointestinal and duodenal ulcer bleeding. The increasing integration of advanced angiographic technologies, selective catheterization techniques, embolic biomaterials, and multidisciplinary treatment algorithms has significantly enhanced therapeutic outcomes while reducing perioperative complications and procedure-associated mortality. The present scientific discourse provides a comprehensive analytical overview of the essential clinical, pathophysiological, diagnostic, and therapeutic aspects of endovascular surgery in the management of gastrointestinal and duodenal ulcer hemorrhage, accompanied by a concise case-based evaluation illustrating practical interventional

application. Special emphasis is placed on contemporary endovascular therapeutic techniques and their growing role in minimally invasive hemorrhage control. The scientific discussion evaluates selective arterial embolization, superselective catheterization, coil embolization, gelatin sponge application, polyvinyl alcohol particle utilization, liquid embolic agents, and combined embolization methods targeting branches of the gastroduodenal, left gastric, and pancreaticoduodenal arteries. The article further examines indications, contraindications, technical considerations, procedural planning, perioperative optimization, and post-procedural monitoring strategies associated with endovascular interventions. Comparative perspectives between endovascular treatment and traditional open surgical management are also analyzed, highlighting the reduced invasiveness, shorter recovery time, lower complication rates, preservation of gastrointestinal anatomy, and improved tolerability in elderly and critically ill patients undergoing transcatheter interventions. The presented brief case report describes a patient with severe recurrent duodenal ulcer bleeding resistant to pharmacological stabilization and repeated endoscopic hemostatic attempts. Ongoing hematemesis, progressive anemia, hypotension, and hemodynamic deterioration necessitated urgent angiographic assessment and selective embolization of the bleeding arterial branch. Successful endovascular intervention achieved complete hemostasis, stabilization of vital parameters, and prevention of emergency laparotomy. The clinical outcome demonstrated the effectiveness of multidisciplinary collaboration among gastroenterologists, interventional radiologists, vascular specialists, anesthesiologists, and critical care physicians in optimizing patient-centered therapeutic management. The article explores current innovations and future perspectives in endovascular surgery, including artificial intelligence-assisted angiographic navigation, robotic catheter systems, bioresorbable embolic materials, image-guided precision embolization, and personalized vascular intervention strategies. The significance of evidence-based protocols, early diagnosis, individualized risk assessment, and integrated multimodal treatment pathways is emphasized as essential for improving survival rates and minimizing recurrent bleeding episodes. The scientific analysis also addresses potential complications such as ischemia, rebleeding, contrast-induced nephropathy, embolization failure, and vascular injury, together with preventive measures and long-term follow-up recommendations. The endovascular surgical management has become an indispensable component of contemporary treatment algorithms for gastrointestinal and duodenal ulcer hemorrhage, particularly in patients with high surgical risk or failed endoscopic therapy. Advances in interventional radiology, vascular imaging, and embolization technology continue to expand the therapeutic capabilities of minimally invasive procedures in acute gastrointestinal bleeding control. Comprehensive multidisciplinary coordination, technological innovation, and individualized therapeutic planning remain fundamental determinants of successful clinical outcomes and future progress in the field of endovascular gastrointestinal hemorrhage management.

Key Words: Endovascular surgery, gastrointestinal duodenal, ulcer bleeding, treatment.

Introduction

Acute gastrointestinal (GI) bleeding represents a frequent medical emergency that may range from mild self-limited hemorrhage to severe, life-threatening conditions requiring urgent intervention. Endoscopy remains the first-line diagnostic and therapeutic modality for both upper and lower gastrointestinal bleeding. Conventional treatment strategies include conservative medical management, therapeutic endoscopy, transcatheter embolization, and surgical intervention. In cases where endoscopic therapy fails or recurrent bleeding occurs, transcatheter embolization and surgical procedures are considered alternative therapeutic approaches. However, both methods may be associated with significant complications and varying degrees of procedural risk [1-3].

The selection of an appropriate management strategy largely depends on the patient's clinical status, hemodynamic stability, and underlying comorbidities. Emergency surgical intervention has traditionally been associated with relatively high morbidity and mortality rates. In recent decades, advances in interventional radiology and catheter-based techniques have significantly improved the safety and effectiveness of superselective transcatheter embolization, making it an increasingly preferred treatment modality for the management of acute gastrointestinal bleeding. This review highlights the expanding role of interventional radiology in the diagnosis and treatment of GI hemorrhage [4-6].

Technological developments in catheter systems, embolization materials, and imaging guidance have enhanced the feasibility and precision of angiographic embolization for both upper and lower gastrointestinal bleeding. Transcatheter embolization has demonstrated high technical success and favorable clinical outcomes, particularly in patients who do not respond to endoscopic or pharmacological therapy. Multidetector computed tomography (MDCT) has also emerged as a valuable diagnostic tool for identifying bleeding sources and evaluating the anatomical characteristics of the gastrointestinal tract in hemodynamically stable patients [7-8].

Effective management of gastrointestinal bleeding requires close multidisciplinary collaboration among interventional radiologists, gastroenterologists, and diagnostic radiologists. Endovascular embolization has been shown to significantly reduce mortality in high-risk patients who would otherwise require open surgical procedures following unsuccessful endoscopic treatment. Nevertheless, further clinical investigations are necessary to optimize treatment protocols and to better define the long-term outcomes of these minimally invasive therapeutic approaches [9-10].

The article discusses the epidemiological burden and pathogenesis of peptic ulcer bleeding, emphasizing the role of Helicobacter pylori infection, chronic nonsteroidal anti-inflammatory drug exposure, anticoagulant therapy, physiological stress, vascular abnormalities, and systemic comorbidities in ulcerogenesis and hemorrhagic progression. Particular attention is directed toward the hemodynamic instability and microvascular disruption associated with acute upper gastrointestinal bleeding, as well as the mechanisms underlying recurrent hemorrhage and failed endoscopic hemostasis. Modern diagnostic strategies are reviewed in detail, including upper gastrointestinal endoscopy, contrast-enhanced computed tomography angiography, digital subtraction angiography, laboratory monitoring, and risk stratification systems utilized for evaluating bleeding severity, transfusion requirements, and prognostic outcomes [11-12].

Gastrointestinal (GI) bleeding represents one of the most frequent and potentially life-threatening emergencies encountered in clinical gastroenterology and surgical practice. It is defined as hemorrhage occurring within the gastrointestinal tract, extending from the esophagus to the rectum, and may manifest clinically as hematemesis, melena, hematochezia, or occult blood loss detected through laboratory investigations. The severity of gastrointestinal bleeding varies widely, ranging from mild and self-limiting bleeding episodes to massive hemorrhage associated with hemodynamic instability, shock, and significant mortality risk. Despite remarkable progress in diagnostic and therapeutic modalities, gastrointestinal bleeding continues to pose major challenges to clinicians due to its complex etiology, unpredictable clinical course, and high recurrence rate.Upper gastrointestinal bleeding is generally defined as bleeding originating proximal to the ligament of Treitz, including hemorrhage from the esophagus, stomach, and duodenum. The most common causes of upper GI bleeding include peptic ulcer disease, erosive gastritis, esophageal varices, Mallory–Weiss tears, and malignancies of the upper digestive tract. Among these etiologies, peptic ulcer disease remains one of the leading causes of acute upper gastrointestinal hemorrhage worldwide. In contrast, lower gastrointestinal bleeding arises distal to the ligament of Treitz and may result from conditions such as diverticulosis, angiodysplasia, colorectal cancer, inflammatory bowel disease, and ischemic colitis. Regardless of its anatomical origin, gastrointestinal bleeding requires prompt evaluation, accurate localization of the bleeding source, and rapid implementation of appropriate therapeutic interventions [13-15].

The clinical significance of gastrointestinal bleeding is reflected in its substantial morbidity, mortality, and healthcare burden. Acute GI hemorrhage often necessitates urgent hospitalization, intensive monitoring, blood transfusion, and multidisciplinary management involving gastroenterologists, surgeons, interventional radiologists, and critical care specialists. In severe cases, uncontrolled hemorrhage may lead to hypovolemic shock, organ dysfunction, and death if not treated promptly. Moreover, recurrent bleeding episodes significantly increase the risk of complications and prolong hospital stays, thereby contributing to increased healthcare costs and resource utilization. Consequently, continuous advancements in diagnostic technologies and therapeutic strategies are essential to improve patient outcomes and optimize the management of gastrointestinal bleeding [16-17].

Historically, the management of gastrointestinal hemorrhage relied heavily on conservative medical therapy and surgical intervention. Pharmacological treatment aimed at stabilizing the patient and

reducing gastric acid secretion has long played a central role in the initial management of peptic ulcer bleeding. Proton pump inhibitors, vasoactive agents, and hemostatic drugs are frequently administered to stabilize the bleeding source and reduce the risk of recurrent hemorrhage. However, while medical therapy may be effective in certain cases, it is often insufficient for controlling active bleeding or preventing recurrence in patients with severe or persistent hemorrhage [18-20].

The introduction and rapid development of endoscopic techniques revolutionized the management of gastrointestinal bleeding. Endoscopy currently serves as both a diagnostic and therapeutic modality, allowing direct visualization of the gastrointestinal mucosa and enabling various hemostatic interventions. Endoscopic therapies such as injection therapy, thermal coagulation, mechanical clipping, and combination approaches have significantly improved the success rate of bleeding control. Endoscopic hemostasis is considered the first-line treatment for most cases of upper gastrointestinal bleeding, particularly those caused by peptic ulcers. Nevertheless, despite its high efficacy, endoscopic therapy may fail in a subset of patients, particularly when bleeding is massive, recurrent, or associated with complex vascular lesions [21-22].

When endoscopic management fails to achieve adequate hemostasis, alternative therapeutic approaches must be considered. Traditionally, emergency surgical intervention was the primary option in such situations. Surgical procedures such as oversewing of bleeding ulcers, gastrectomy, or vascular ligation were performed to control hemorrhage and prevent further blood loss. Although surgical treatment can be life-saving, it is associated with significant morbidity and mortality, especially in elderly patients or individuals with severe comorbid conditions. Postoperative complications, prolonged recovery periods, and increased risk of infection further limit the widespread use of surgery as a primary treatment option for gastrointestinal bleeding [23-24].

Over the past several decades, significant technological advances in diagnostic imaging and interventional radiology have transformed the therapeutic landscape of gastrointestinal bleeding management. Among these innovations, endovascular techniques have emerged as highly effective and minimally invasive alternatives to conventional surgical treatment. Endovascular surgery refers to a group of catheter-based procedures performed within the vascular system using image-guided techniques. These procedures allow clinicians to access the bleeding vessel through percutaneous vascular entry and deliver targeted therapeutic interventions directly at the site of hemorrhage [25-27].

One of the most important endovascular procedures used in the treatment of gastrointestinal bleeding is transcatheter arterial embolization (TAE). This technique involves selective catheterization of the arterial supply to the bleeding region followed by the administration of embolic agents that occlude the affected vessel and stop the hemorrhage. Advances in catheter technology, microcatheter systems, guidewires, and embolization materials have significantly enhanced the precision and safety of this approach. Superselective catheterization enables interventional radiologists to target small branches of the mesenteric or gastric arteries while preserving blood flow to surrounding tissues, thereby minimizing the risk of ischemic complications [28-30].

Transcatheter embolization has demonstrated high technical and clinical success rates in the treatment of both upper and lower gastrointestinal bleeding. The procedure is particularly valuable in patients who are poor surgical candidates due to advanced age, comorbid diseases, or hemodynamic instability. Furthermore, embolization can be repeated if necessary and is often associated with shorter recovery times compared with open surgical procedures. The growing adoption of this technique reflects the broader trend toward minimally invasive therapeutic strategies in modern medicine [31-33].

Another key advancement in the diagnostic evaluation of gastrointestinal bleeding is the use of multidetector computed tomography (MDCT). MDCT angiography has become an essential imaging modality for detecting and localizing active bleeding sites within the gastrointestinal tract. This noninvasive technique provides high-resolution visualization of vascular structures and allows rapid identification of contrast extravasation, vascular malformations, or other pathological changes responsible for hemorrhage. In hemodynamically stable patients, MDCT plays a crucial role in guiding subsequent therapeutic interventions, including endovascular embolization or targeted endoscopic treatment [34-36].

The integration of advanced imaging technologies with interventional radiology techniques has significantly improved the overall management of gastrointestinal bleeding. Modern diagnostic algorithms often incorporate MDCT angiography as an early diagnostic step, particularly when endoscopy fails to identify the bleeding source. The combination of imaging-guided diagnosis and catheter-based therapy enables rapid localization and treatment of hemorrhage, thereby reducing the need for invasive surgical procedures [37-39].

Despite these significant advancements, several challenges remain in the management of gastrointestinal bleeding. Accurate identification of the bleeding source may be difficult in cases of intermittent or low-volume hemorrhage. Additionally, patients with complex vascular anatomy or multiple bleeding sites may require repeated diagnostic and therapeutic procedures. The risk of complications, including bowel ischemia, rebleeding, and contrast-related adverse reactions, must also be carefully considered when selecting the appropriate treatment strategy [40-42]

The successful management of gastrointestinal bleeding therefore requires a multidisciplinary approach involving close collaboration among gastroenterologists, surgeons, radiologists, and critical care specialists. Each discipline contributes unique expertise to the diagnostic and therapeutic process. Gastroenterologists play a central role in endoscopic diagnosis and treatment, while interventional radiologists provide minimally invasive vascular interventions when endoscopic therapy fails. Surgeons remain essential for managing cases in which both endoscopic and endovascular treatments are unsuccessful or contraindicated [43-45].

Recent research has focused on improving the safety and effectiveness of endovascular procedures through the development of novel embolic materials, enhanced imaging technologies, and refined catheterization techniques. New embolization agents, including microcoils, polyvinyl alcohol particles, liquid embolic materials, and absorbable gelatin sponges, have expanded the range of therapeutic options available to interventional radiologists. These materials allow precise control of vascular occlusion and enable tailored treatment strategies based on the specific characteristics of the bleeding lesion [46-48].

Furthermore, the increasing use of hybrid operating rooms and advanced imaging platforms has facilitated real-time integration of diagnostic and therapeutic procedures. These technological developments support more efficient patient management and allow rapid transition from diagnostic imaging to endovascular intervention when active bleeding is detected. As a result, patients with severe gastrointestinal hemorrhage can receive timely and targeted treatment, significantly improving clinical outcomes [49-51].

In addition to technological progress, growing emphasis has been placed on the development of evidence-based clinical guidelines for the management of gastrointestinal bleeding. International gastroenterology and radiology societies have published recommendations outlining optimal diagnostic pathways, treatment algorithms, and post-treatment monitoring strategies. These guidelines aim to standardize clinical practice, reduce variability in patient care, and ensure that patients receive the most effective and appropriate treatment based on current scientific evidence [52-53].

The present study focuses on the key clinical and technical aspects of endovascular surgery and interventional treatment in patients with gastrointestinal and duodenal ulcer bleeding. Particular attention is given to the diagnostic role of imaging techniques, the therapeutic effectiveness of transcatheter embolization, and the clinical outcomes associated with minimally invasive vascular interventions. By analyzing contemporary approaches to endovascular management, this work seeks to highlight the growing importance of interventional radiology in the treatment of gastrointestinal hemorrhage [54-56].

Understanding the advantages, limitations, and clinical indications of endovascular therapy is essential for optimizing patient management and improving survival outcomes in individuals with severe gastrointestinal bleeding. As medical technology continues to evolve, endovascular procedures are expected to play an increasingly prominent role in the multidisciplinary treatment of this challenging and potentially life-threatening condition [57-59].

Acute gastrointestinal bleeding is a common medical emergency that ranges from minor, uncontrollable bleeding to potentially life-threatening bleeding. The site of bleeding can be located anywhere in the gastrointestinal tract, which makes it difficult to determine its exact location. Patients with upper gastrointestinal bleeding usually have hematemesis or melena with the bleeding point proximal to the ligament of Treitz, while patients with lower gastrointestinal bleeding usually have melena or hematochezia with the bleeding point distal to the ligament of Treitz. Endoscopy is a first-line diagnostic procedure with 100% sensitivity to detect upper gastrointestinal bleeding. However, it has only 60% sensitivity for diagnosing lower gastrointestinal bleeding. Therapeutic options for treating acute GI bleeding include conservative treatment, therapeutic endoscopy, transcatheter embolization, and surgery. Transcatheter embolization and surgery are both options for recurrent GI bleeding [60-61]. When therapeutic endoscopy fails. The both options were associated with several complications and risk of bleeding. The choice of management depends on the patient's status (for example, the degree of hemodynamic instability or hypotension, or whether resuscitation is required). Emergency surgery is usually associated with high rates of morbidity and mortality. However, recent technical improvements in superselective transcatheter embolization have increased the safety of the procedure, and it is widely used in the treatment of acute gastrointestinal bleeding. This review article describes the role of interventional radiology in the emergency management of acute GI bleeding [62-63].

Upper gastrointestinal bleeding is defined as bleeding originating from the distal esophagus, stomach, or duodenum (ie, proximal to the ligament of Treitz). The most common cause of upper GI bleeding is peptic ulcer disease, but the differential diagnosis is varied and includes benign and malignant tumors, ischemia, gastritis, arteriovenous malformations, Mallory-Weiss tears, trauma such as a Dieulafoy injury, and iatrogenic causes [64-66].

Upper gastrointestinal bleeding is a potentially fatal condition, so immediate management and accurate diagnosis of the location and etiology of bleeding is essential. The primary diagnostic procedure for upper gastrointestinal bleeding is endoscopy, which has high sensitivity and specificity for locating bleeding lesions in the upper gastrointestinal tract. Once a bleeding lesion is identified, therapeutic endoscopic techniques such as thermal coagulation or hemoclip placement can be used to achieve acute hemostasis. Endoscopic management achieves hemostasis in most patients, but 10% to 30% of patients experience recurrent bleeding for various reasons [67-69].

When hemostasis is not achieved with endoscopic management, other options are surgery and transarterial embolization. Surgery has long been the standard of care, but with the development of interventional radiology, more and more patients are now being referred for embolotherapy. Transarterial embolization can prevent unnecessary resection of the upper gastrointestinal tract and should be considered as an alternative to surgery [70-71].

The evolution of minimally invasive therapeutic strategies has significantly reshaped the clinical management paradigm of gastrointestinal hemorrhage during the past two decades. Among these innovations, endovascular surgery and catheter-based interventional radiology procedures have gained substantial recognition as effective alternatives to traditional surgical treatment. The rapid development of high-resolution imaging modalities, microcatheter technology, and advanced embolic materials has enabled clinicians to achieve accurate localization and precise occlusion of bleeding vessels with minimal trauma to surrounding tissues. These advancements have contributed to improved clinical outcomes, reduced procedural complications, and shorter hospital stays for patients suffering from severe gastrointestinal bleeding [72-73].

Endovascular interventions are particularly valuable in situations where conventional therapeutic approaches prove ineffective or contraindicated. In patients with persistent bleeding after endoscopic therapy, transcatheter arterial embolization provides an important second-line treatment option. The procedure is typically performed under fluoroscopic guidance, during which a catheter is introduced through a percutaneous arterial access point, most commonly the femoral or radial artery. The catheter is then navigated through the arterial system toward the vascular territory supplying the bleeding site. Once the responsible vessel has been identified through angiographic visualization, embolic materials are delivered through a microcatheter to achieve targeted vascular occlusion and cessation of hemorrhage [74-75].

One of the major advantages of endovascular treatment lies in its ability to selectively control bleeding without requiring extensive surgical exposure or tissue resection. Superselective catheterization techniques allow the interventional radiologist to isolate the precise arterial branch responsible for the hemorrhage, thereby minimizing the risk of ischemic injury to surrounding gastrointestinal tissues. This targeted approach is particularly beneficial in elderly patients or those with multiple comorbidities who may not tolerate major surgical procedures. Furthermore, because the intervention is performed through a small percutaneous puncture, recovery times are generally shorter, and postoperative complications are less frequent compared with traditional surgery [76-78].

In addition to its therapeutic applications, angiography plays an important diagnostic role in the evaluation of gastrointestinal bleeding. Conventional catheter-based angiography allows real-time visualization of arterial blood flow and can detect active bleeding through the appearance of contrast extravasation within the gastrointestinal lumen. This imaging modality is particularly useful when the bleeding source cannot be identified through endoscopic examination. In cases of intermittent bleeding, angiography may also reveal indirect signs of vascular pathology, such as pseudoaneurysms, arteriovenous malformations, or abnormal vascular networks associated with inflammatory or neoplastic processes [79-81].

The integration of angiographic diagnosis with immediate therapeutic intervention represents one of the key strengths of endovascular management. Once the bleeding vessel is identified during angiographic evaluation, embolization can be performed in the same procedural session, thereby eliminating the need for additional surgical exploration. This rapid transition from diagnosis to treatment is especially important in patients experiencing massive hemorrhage, where prompt hemostasis is critical for preventing hemodynamic collapse and reducing mortality risk [82-83].

Another important factor contributing to the success of endovascular treatment is the wide range of embolic materials currently available to interventional radiologists. These materials are specifically designed to occlude blood vessels of varying sizes and can be selected according to the anatomical characteristics of the bleeding source. Mechanical embolic agents, such as metallic coils, function by inducing thrombosis within the targeted vessel. Particulate embolic agents, including polyvinyl alcohol particles and calibrated microspheres, provide distal vessel occlusion and are often used when diffuse bleeding occurs within small vascular branches. Temporary embolic agents, such as gelatin sponge particles, can also be used in certain clinical situations where reversible vascular occlusion is desirable [84-86].

Liquid embolic materials, including cyanoacrylate-based adhesives and ethylene vinyl alcohol copolymers, represent another important category of embolization agents. These substances rapidly solidify upon contact with blood, forming a durable intravascular cast that effectively blocks blood flow through the affected vessel. The use of liquid embolic agents has expanded the therapeutic capabilities of interventional radiology, particularly in complex cases involving high-flow vascular lesions or pseudoaneurysms. However, their application requires considerable technical expertise due to the risk of unintended embolization of adjacent vessels [87-89].

Despite the numerous advantages associated with endovascular therapy, the procedure is not entirely free from complications. One of the most significant risks is the development of intestinal ischemia resulting from excessive or nonselective vascular occlusion. Although superselective catheterization techniques significantly reduce this risk, careful evaluation of collateral blood supply is essential before embolization is performed. Other potential complications include access-site hematoma, contrast-induced nephropathy, allergic reactions to contrast agents, and rebleeding following incomplete embolization [90-92].

Rebleeding remains an important clinical concern in the management of gastrointestinal hemorrhage. While transcatheter embolization demonstrates high initial technical success rates, recurrent bleeding may occur in a subset of patients due to collateral vessel formation, incomplete occlusion of the bleeding artery, or progression of the underlying pathological condition. In such cases, repeat angiographic evaluation and secondary embolization procedures may be required. Nevertheless, even when repeat

interventions are necessary, endovascular treatment generally remains less invasive and safer than emergency surgical alternatives [93-95].

Another critical component of modern gastrointestinal bleeding management is the use of multidetector computed tomography angiography (MDCTA). This imaging technique provides rapid and noninvasive evaluation of the abdominal vasculature and has become an essential diagnostic tool in many clinical settings. MDCTA can detect active bleeding at rates as low as 0.3–0.5 mL per minute and offers excellent spatial resolution for identifying vascular abnormalities. In addition, the three-dimensional reconstruction capabilities of MDCTA allow detailed visualization of mesenteric vascular anatomy, which is invaluable for planning subsequent endovascular interventions [96-97].

The growing use of MDCTA has led to significant improvements in the diagnostic workflow for patients with suspected gastrointestinal bleeding. In hemodynamically stable patients, CT angiography is often performed prior to endoscopic or angiographic evaluation to localize the bleeding source and determine the most appropriate therapeutic approach. This strategy not only improves diagnostic accuracy but also reduces unnecessary invasive procedures. Furthermore, CT findings can help predict the likelihood of successful embolization by identifying the specific arterial territory involved in the hemorrhage [98-99].

The importance of multidisciplinary collaboration cannot be overstated in the effective management of gastrointestinal bleeding. Optimal patient outcomes are achieved when gastroenterologists, surgeons, interventional radiologists, and intensive care specialists work together to develop individualized treatment strategies. Such collaboration allows for rapid decision-making and ensures that each patient receives the most appropriate combination of diagnostic and therapeutic interventions [100-101].

For example, in cases of upper gastrointestinal bleeding caused by peptic ulcer disease, initial management typically involves endoscopic hemostasis combined with pharmacological therapy using proton pump inhibitors. If endoscopic treatment fails or if the bleeding recurs despite repeated attempts at hemostasis, the patient may be referred for angiographic embolization. Surgical intervention is generally reserved for cases in which both endoscopic and endovascular treatments are unsuccessful or when complications such as perforation or uncontrolled hemorrhage occur [102-103].

Similarly, in lower gastrointestinal bleeding, the diagnostic approach often involves colonoscopy as the first-line investigation. However, in situations where colonoscopy is inconclusive or technically difficult due to active bleeding or inadequate bowel preparation, CT angiography and catheter-based angiography may provide valuable diagnostic information. Endovascular embolization can then be performed to control bleeding originating from branches of the superior or inferior mesenteric arteries [104-106].

The ongoing development of novel imaging technologies and embolization techniques continues to expand the therapeutic potential of endovascular interventions. Emerging innovations such as cone-beam CT integrated within angiographic suites allow real-time three-dimensional imaging during catheter-based procedures, improving the accuracy of vessel targeting and embolic material delivery. In addition, robotic-assisted catheter navigation systems are being explored as a means of enhancing procedural precision and reducing radiation exposure for both patients and medical personnel [107-108].

Future research in the field of interventional radiology is also focusing on the development of bioresorbable embolic materials and drug-eluting embolization agents. These advanced materials may offer improved therapeutic control while minimizing long-term vascular complications. Furthermore, the integration of artificial intelligence and advanced image-processing algorithms into diagnostic imaging platforms has the potential to enhance the detection and characterization of gastrointestinal bleeding sources, thereby facilitating earlier and more effective intervention [109-110].

The rapid advancement of endovascular surgery and interventional radiology techniques has fundamentally transformed the clinical management of gastrointestinal bleeding. These minimally invasive procedures provide highly effective alternatives to conventional surgical treatment and have significantly improved patient outcomes in cases of severe or refractory hemorrhage. The continued refinement of diagnostic imaging modalities, catheterization technologies, and embolization materials is expected to further enhance the safety, precision, and clinical effectiveness of endovascular therapy [111-113].

As healthcare systems increasingly emphasize minimally invasive treatment strategies, the role of endovascular interventions in the management of gastrointestinal bleeding will continue to expand. Ongoing research, technological innovation, and interdisciplinary collaboration will be essential for optimizing treatment protocols and ensuring that patients benefit from the full potential of these advanced therapeutic approaches [114-115].

Aim of the research was to study the key issue aspects of features of endovascular surgery and treatment for gastrointestinal and duodenal ulcer bleeding and brief case report.

Materials and Methods

The material of the article was the data from scientific publications, which were processed, analyzed, overviewed and reviewed by generalization and systematization. Research studies are based on a review/overview assessment of the development of critical visibility and overlook of the modern scientific literature. Use the following databases: (for extensive literature searches to identify key issue aspects of features of endovascular surgery and treatment for gastrointestinal and duodenal ulcer bleeding and brief case report). PubMed, Web of Science, Clinical Key, Tomson Reuters, Google Scholar, Cochrane library, and Elsevier foundations. National and international policies and guidelines were also reviewed and as well as grey literature.

From March 2019 to December 2022, 40 patients were embolized during duodenal bleeding.

These patients were divided into the following groups:

➢ Massive, active bleeding.

➢ Recurrence of bleeding in clinic and endoscopy was unsuccessful.

➢ Unstable hemodynamics and solid hemostasis could not be achieved during endoscopy.

➢ Failed to evacuate stomach contents and failed to see a bleeding ulcer.

➢ High risk of bleeding recurrence (Forest classification).

➢ Elderly and patients burdened with co-morbidities, with whom operative.

Result and Discussion

The present study examined the clinical features, diagnostic pathways, and therapeutic outcomes associated with the use of endovascular techniques in the management of gastrointestinal bleeding, particularly hemorrhage related to duodenal ulcer disease. Gastrointestinal bleeding remains a major clinical challenge due to its sudden onset, variable severity, and potentially life-threatening consequences. The findings of the present analysis highlight the growing role of endovascular interventions, especially transcatheter arterial embolization, as an effective therapeutic strategy for controlling bleeding when conventional methods such as pharmacological therapy and endoscopic intervention prove insufficient.

The clinical evaluation of patients included in this investigation demonstrated that the majority of cases presented with typical symptoms of acute upper gastrointestinal bleeding, including hematemesis, melena, and signs of acute blood loss such as hypotension, tachycardia, and decreased hemoglobin concentration. In many patients, the bleeding was associated with duodenal ulceration, which is widely recognized as one of the most common causes of upper gastrointestinal hemorrhage. Duodenal ulcers are often linked to Helicobacter pylori infection, chronic use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs, stress-related mucosal injury, and various systemic conditions that compromise mucosal integrity. The results observed in this study support existing evidence indicating that ulcerative lesions in the gastroduodenal region frequently involve erosion of arterial branches, particularly those arising from the gastroduodenal artery, thereby creating a high risk of severe bleeding.

Initial management of the patients involved standard resuscitative measures aimed at stabilizing hemodynamic parameters and correcting acute blood loss. Intravenous fluid replacement, transfusion of packed red blood cells when necessary, and pharmacological therapy with proton pump inhibitors were administered in accordance with established clinical guidelines. These interventions are essential components of the early treatment algorithm for gastrointestinal bleeding because they help maintain circulatory stability while diagnostic investigations are performed. In the majority of patients, upper gastrointestinal endoscopy served as the primary diagnostic modality, allowing direct visualization of the bleeding site and facilitating immediate endoscopic hemostasis.

Endoscopic treatment methods included injection therapy, thermal coagulation, and mechanical clipping of bleeding vessels. In many cases, these procedures successfully achieved primary hemostasis. However, a subset of patients experienced persistent or recurrent bleeding despite endoscopic intervention. This observation is consistent with previous clinical reports demonstrating that although endoscopic therapy is highly effective, it may fail in approximately 10–20% of severe bleeding cases. Factors contributing to endoscopic treatment failure include large ulcer size, arterial spurting, coagulopathy, hemodynamic instability, and difficult anatomical localization of the bleeding source.

In patients where endoscopic hemostasis proved unsuccessful, endovascular intervention was considered the next therapeutic step. Angiographic evaluation was performed using digital subtraction angiography to identify the vascular origin of the hemorrhage. The angiographic findings frequently demonstrated active contrast extravasation within the duodenal region or abnormal vascular patterns corresponding to the arterial supply of the gastroduodenal artery and its branches. In several cases, the bleeding source originated from branches of the pancreaticoduodenal arteries, which form a complex vascular network supplying the duodenum and adjacent pancreatic structures.

The technical success of angiographic localization was high, allowing interventional radiologists to precisely identify the responsible vessel and perform selective catheterization. Superselective catheterization was achieved through the use of microcatheter systems that enabled access to small arterial branches with minimal disruption of surrounding vascular structures. Once the bleeding vessel had been successfully catheterized, embolization was performed using appropriate embolic materials. These materials included metallic coils, gelatin sponge particles, and other embolization agents designed to induce thrombosis and achieve permanent or temporary vascular occlusion.

The results of the embolization procedures demonstrated a high rate of immediate hemostasis. In most patients, bleeding ceased promptly following the delivery of embolic materials into the targeted vessel. The rapid effectiveness of this intervention underscores the clinical value of transcatheter embolization as a minimally invasive alternative to emergency surgical procedures. Furthermore, the procedure was generally well tolerated by patients, and the majority of individuals experienced stabilization of their clinical condition shortly after the intervention.

One of the most important findings of this investigation relates to the safety profile of endovascular treatment. Complications associated with embolization were relatively rare and generally manageable. The most significant potential complication is intestinal ischemia, which may occur if embolization inadvertently compromises the blood supply to extensive segments of the gastrointestinal tract. However, the use of superselective catheterization techniques significantly reduces this risk by limiting embolization to the specific arterial branch responsible for the bleeding. In the present study, careful angiographic assessment of collateral circulation was performed prior to embolization in order to preserve adequate perfusion to adjacent tissues.

Another important consideration in the interpretation of the results is the possibility of recurrent bleeding following embolization. Although the majority of patients achieved durable hemostasis, a small number of cases experienced rebleeding during the follow-up period. Recurrent hemorrhage may occur due to incomplete occlusion of the bleeding vessel, development of collateral circulation, or progression of the underlying ulcerative disease. In such situations, repeat angiographic evaluation and secondary embolization may be required. Despite this possibility, the rate of rebleeding observed in the present analysis remained within the range reported in previous clinical studies.

The diagnostic contribution of multidetector computed tomography angiography also deserves special attention in the discussion of the results. In several cases, CT angiography was used prior to catheter angiography to identify the approximate location of the bleeding source. This imaging modality provided valuable information regarding the anatomical relationships between the gastrointestinal tract and surrounding vascular structures. The ability of CT angiography to detect active bleeding through visualization of contrast extravasation significantly facilitated the planning of subsequent endovascular intervention. Furthermore, the noninvasive nature of CT imaging makes it particularly suitable for use in hemodynamically stable patients during the initial stages of diagnostic evaluation.

The integration of CT imaging with angiographic intervention represents a major advancement in the modern management of gastrointestinal bleeding. By combining rapid diagnostic visualization with targeted therapeutic intervention, clinicians are able to control hemorrhage more efficiently and reduce the need for invasive surgical procedures. The findings of this study reinforce the concept that multidisciplinary collaboration between gastroenterologists, radiologists, and surgeons is essential for achieving optimal patient outcomes.

From a broader clinical perspective, the results of the present investigation contribute to the growing body of evidence supporting the use of endovascular techniques in the treatment of gastrointestinal hemorrhage. Over the past two decades, numerous studies have reported high technical success rates for transcatheter arterial embolization, often exceeding 85–90%. These findings demonstrate that embolization is not only effective in achieving immediate hemostasis but also capable of significantly reducing the need for emergency surgical intervention. Considering the substantial risks associated with surgery in critically ill patients, the availability of a minimally invasive alternative represents a major advancement in therapeutic practice.

Another important aspect of the discussion concerns the economic and organizational implications of endovascular treatment. Although angiographic procedures require specialized equipment and trained personnel, they often result in shorter hospital stays and reduced postoperative complications compared with traditional surgery. Consequently, the overall cost of patient care may be lower when endovascular therapy is used as part of a comprehensive treatment strategy for gastrointestinal bleeding. Additionally, the minimally invasive nature of the procedure contributes to faster patient recovery and earlier return to normal physiological function.

Technological innovations continue to expand the therapeutic capabilities of interventional radiology in this field. Modern microcatheter systems provide improved flexibility and navigational control, allowing clinicians to access increasingly small and complex vascular territories. Similarly, the development of advanced embolic materials with enhanced biocompatibility and controlled occlusion properties has improved the safety and effectiveness of embolization procedures. These advancements suggest that endovascular treatment will play an even greater role in the management of gastrointestinal bleeding in the future.

Despite the promising results observed in the present study, certain limitations must also be acknowledged. The success of endovascular treatment depends heavily on the availability of specialized radiological infrastructure and the expertise of experienced interventional radiologists. In healthcare settings where such resources are limited, access to angiographic intervention may be restricted. Furthermore, although embolization is highly effective in controlling acute bleeding, it does not directly address the underlying pathological process responsible for ulcer formation. Therefore, long-term management strategies, including eradication of Helicobacter pylori infection and modification of ulcerogenic medication use, remain essential for preventing recurrence.

Overall, the results of this investigation highlight the significant therapeutic potential of endovascular techniques in the management of gastrointestinal bleeding associated with duodenal ulcer disease. The ability to achieve rapid hemostasis through minimally invasive vascular intervention represents a major advancement in modern clinical practice. When integrated into a multidisciplinary treatment framework that includes endoscopic evaluation, pharmacological therapy, and appropriate surgical backup, endovascular embolization offers a highly effective and safe method for controlling severe gastrointestinal hemorrhage.

The continuing development of imaging technologies, embolization materials, and catheter-based techniques is expected to further enhance the precision and clinical success of endovascular procedures. Future research should focus on refining patient selection criteria, optimizing embolization strategies, and evaluating long-term outcomes in larger patient populations. Such investigations will contribute to the development of evidence-based clinical guidelines and will help ensure that patients with gastrointestinal bleeding receive the most effective and appropriate treatment available.

Acute gastrointestinal bleeding is a common medical emergency that ranges from minor to potentially life-threatening bleeding. Endoscopy is the first-line diagnostic procedure for upper and lower gastrointestinal bleeding. Treatment options for acute GI bleeding include conservative management, therapeutic endoscopy, transcatheter embolization, and surgery. Transcatheter embolization and surgery are both options for recurrent GI bleeding when therapeutic endoscopy fails. However, both options are associated with several complications and risk of bleeding. The choice of management depends on the patient's status. Emergency surgery is usually associated with high rates of morbidity and mortality. Recently, superelective transcatheter embolization has become a safer procedure and is now widely used to treat acute gastrointestinal bleeding. This review article describes the role of interventional radiology in the management of acute GI bleeding. Improvements in catheter technology, development of more compatible embolization devices, and expansion of embolization techniques have led to angiography and embolization for the treatment of upper and lower gastrointestinal bleeding. Transcatheter embolization therapy for the treatment of acute GI bleeding is a safe procedure with high technical performance and clinical success, but it should be reserved as a treatment option for patients who have failed endoscopic and medical management. MDCT imaging is a useful tool for identifying the site of bleeding and evaluating the anatomical structure of the gastrointestinal tract in stable patients. Close working relationships between interventional radiologists, gastroenterologists, and diagnostic radiologists are essential for the optimal management of patients with GI bleeding. Endovascular embolization dramatically reduces the mortality rate in high-risk patients who require open surgery after failed endoscopy, further studies are needed to fully address these objectives.

Lower gastrointestinal bleeding is defined as bleeding originating from a source distal to the ligaments of Treitz. About 80% of all lower GI bleeding comes from a colorectal source and 5% to 10% from a small intestinal source; 10% to 15% are classified as blood of upper gastrointestinal tract origin. A small bowel bleeding source is more likely than a colorectal bleeding source to be obscure or occult.

A common cause of lower GI bleeding is a colonic diverticulum. Differential diagnoses include colitis or enteritis, anorectal abnormalities (hemorrhoids, proctitis), tumors, arteriovenous malformations or angiodysplasia, and postpolyectomy bleeding.

Therapeutic colonoscopy is currently the first-line intervention for colonic bleeding. Colonoscopy is the diagnostic method of choice in patients with lower gastrointestinal bleeding, but therapeutic endoscopy can also be successful in a limited number of patients. Therapeutic colonoscopy fails in approximately 32% of cases due to the presence of stool or blood clots, or technical difficulties such as time required to prepare patients. Further disadvantages include the fact that small bowel bleeding cannot be accessed through colonoscopy and that colonoscopy is relatively ineffective when performed in patients with significant bleeding without bowel preparation. If bleeding cannot be stopped by therapeutic colonoscopy, transarterial embolization is the next line of therapy to control hemostasis. As with upper gastrointestinal bleeding, transarterial embolization is the first-line therapy for patients with lower gastrointestinal bleeding. The efficacy of transarterial embolization in the treatment of acute gastrointestinal bleeding when medical or endoscopic techniques are inadequate has been demonstrated in several large studies. For both upper and lower gastrointestinal bleeding, surgery is usually reserved as a last-line treatment for patients whose bleeding has failed to respond to previous treatments.

Lower gastrointestinal bleeding is defined as bleeding originating from a source distal to the ligaments of Treitz. About 80% of all lower GI bleeding comes from a colorectal source and 5% to 10% from a small intestinal source; 10% to 15% are classified as blood of upper gastrointestinal tract origin. A small bowel bleeding source is more likely than a colorectal bleeding source to be obscure or occult. A common cause of upper GI bleeding is colonic diverticula. Differential diagnoses include colitis or

enteritis, anorectal abnormalities (hemorrhoids, proctitis), tumors, arteriovenous malformations or angiodysplasia, and postpolyectomy bleeding.

Therapeutic colonoscopy is currently the first-line intervention for colonic bleeding. Colonoscopy is the diagnostic method of choice in patients with lower gastrointestinal bleeding, but therapeutic endoscopy can also be successful in a limited number of patients. Therapeutic colonoscopy fails in approximately 32% of cases due to the presence of stool or blood clots. Technical difficulties, such as the time required to prepare patients. Further disadvantages include the fact that small bowel bleeding cannot be accessed through colonoscopy and that colonoscopy is relatively ineffective when performed in patients with significant bleeding without bowel preparation. If bleeding cannot be stopped by therapeutic colonoscopy, transarterial embolization is the next line of therapy to control hemostasis. As with upper gastrointestinal bleeding, transarterial embolization is the first-line therapy for patients with lower gastrointestinal bleeding. The efficacy of transarterial embolization in the treatment of acute gastrointestinal bleeding when medical or endoscopic techniques are inadequate has been demonstrated in several large studies. For both upper and lower gastrointestinal bleeding, surgery is usually reserved as a last-line treatment for patients whose bleeding has failed to respond to previous treatments.

In angiography, vascular access is usually obtained by transfemoral catheterization with a 4- or 5-Fr catheter and sheath. Diagnostic visceral arteriography, which includes angiography of the celiac trunk, superior mesenteric artery, and inferior mesenteric artery, is performed to examine the suspected vascular region, and then a microcatheter is inserted coaxially for superselective cannulation of the bleeding artery. In upper gastrointestinal bleeding, the source of the bleeding is usually identified by endoscopy. Therefore, angiography is most often performed only as a precursor to transcatheter embolotherapy. Angiograms are considered positive when they show direct angiographic evidence of active GI bleeding (eg, contrast medium extravasation) or indirect angiographic evidence of bleeding (eg, pseudoaneurysm). For embolization, the appropriate position of the catheter is selected, and transcatheter vessel occlusion is performed with embolized material. Embolization is carried out as selectively as possible, the catheter is technically possible near the site of bleeding. The goal is to achieve proximal and distal control of the bleeding lesion (embolization of both inflow and outflow vessels) to reduce the risk of recurrent bleeding via collateral circulation. Embolization will continue to the occlusive angiographic endpoint without antegrade arterial blood flow in the embolized artery. Post-embolization arteriography is performed to confirm completion of the procedure. The most common embolic material used to treat upper gastrointestinal bleeding is a fibrous platinum microcoil, which is usually placed in the bleeding artery distally proximal to the angiographic position.

Extravasation of the contrast medium is stopped and complete occlusion of the bleeding vessel occurs. Coiling of the gastroduodenal artery from the celiac axis may be inadequate because the gastroduodenal artery may be fed by collateral branches of the superior mesenteric artery. A "sandwich" technique has been proposed, in which the gastroduodenal artery is looped distally proximally. Sandwich occlusion can be used at the level of the gastroduodenal artery with the catheter directed toward the origin of the right gastroepiploic artery, and when the catheter is removed the coils are inserted into the proximal gastroduodenal artery. Complete embolization of the gastroduodenal artery, including proximal and distal embolization and exclusion of its two side branches, is the technical end point.

Selective superior mesenteric arteriography is performed after embolization to ensure that the bleeding site is not secured. If extravasation is detected, superselective catheterization of the lower pancreatic duodenal artery and side branch is performed with a microcatheter. Over the past 10 years, significant improvements in this technique have made superelective embolization a safer procedure by minimizing the risk of intestinal ischemia.

The development of sophisticated rotating wires and coaxial microcatheters, along with advances in digital fluoroscopic imaging, now allow for more precise vascular interventions. In a recent report, transarterial embolization for upper gastrointestinal bleeding was associated with a high technical success rate (93%) and a minimal complication rate (9%). In addition, a recently published international consensus recommendation considers transarterial embolization as an alternative therapy for the treatment of upper gastrointestinal bleeding in patients who have failed an endoscopic hemostatic procedure or who have recurrent bleeding.

Transarterial embolization for the treatment of lower GI bleeding was first introduced in 1974 and involved the non-elective injection of an autologous clot. In 1977, Gelfoam and Oxycel injection were described for embolization of diverticular bleeding. Although injection of autogal clot or gelatin sponge has been shown to achieve hemostasis, these early embolization techniques were characterized by high rates of intestinal infarction. The development of coaxial microcatheters has increased interest in the use of embolization to control lower GI bleeding. The use of a microcatheter, delivered via a 4- or 5-wire guide catheter, to a specific margin near the bleeding site in the arteries or vas rectus can be obtained to remove embolic material. Because this technique is superselective, the risk of intestinal infarction is significantly lower than nonselective embolic techniques or vasopressin infusion, and there are no vasopressin-related systemic side effects. In addition, the risk of bleeding from collateral vessels is reduced as embolic material is delivered to the site of bleeding.

The most common embolic materials for lower GI bleeding, used alone or in combination, are microcoil, polyvinyl alcohol (PVA) particles, and gelatin sponge. Microcoils are persistent embolic agents that can be superselectively placed near the bleeding site and are easily identified under fluoroscopy. However, due to the small caliber of the target vessels, positioning these coils correctly can be difficult. Coils can back out of small vessels and provoke ischemia if they enter a large feeding vessel. PVA is a permanent embolic agent that is less selective than microcol. The basis for PVA embolization with respect to flow is that PVA particles preferentially flow to the area of least resistance (ie, the bleeding site). Defrin et al demonstrated in 10 patients that lesions inaccessible by superelective catheterization could be safely embolized by flow-directed PVA embolization. However, a consensus on the optimal PVA particle size for embolization in lower GI bleeding has not yet been reached. Previous reports have recommended a PVA particle size of 300 to 500 μm, as early animal studies have shown that smaller particles may be associated with a higher risk of intestinal ischemia. The choice of embolic agent in relation to the characteristics of the bleeding vessel is important, but which embolic agent is best among coils, cyanoacrylate glue, gelatin sponge, and calibrated particles remains a matter of debate. In our department, microcoil, 1000 μm gelatin sponge particles, and cyanoacrylate glue are used to treat acute GI bleeding. Unlike PVA, the gelatin sponge is a temporary embolic agent that allows recanalization of the vessel from a few days to a few weeks. If the angiogram is negative for active bleeding, empiric embolization is performed based on discussion with the gastroenterologist or surgeon. For empiric embolization, if endoscopy showed that the bleeding source was located in the proximal stomach, the left gastric artery was selectively embolized. If endoscopy shows that the source of bleeding is in the distal stomach or duodenum, the gastroduodenal artery, the right gastroepiploic artery, the pancreaticoduodenum, or all three are selectively embolized. If endoscopic intervention fails to control bleeding, radioplaque clips are positioned as guides to the bleeding site via colonoscopy and transarterial embolization is performed.

Bleeding, deposition of coils is guided by endoscopy with pre-placed hemoclips. As a result, angiography and embolization of vessels causing GI bleeding have been gradually adopted and have revolutionized the management of lower GI bleeding.

Complications associated with embolization include angiography itself (eg, hematoma, arterial thrombosis, dissection, embolism, and pseudoaneurysm) as well as intestinal infarction. Early transcatheter intervention involved vasopressin infusion, but the high rate of rebleeding and high complication rates led to its reduced use. Higher rates of complications and bleeding have been described in patients treated with vasopressin. Although the first embolic techniques improved hemostasis, their use was limited by the high incidence of intestinal infarction. Until the advent and development of microcatheter technology, transarterial embolization became a safer, more effective method for managing gastrointestinal bleeding. Improvements in microcatheter systems have enabled more selective delivery of embolic material near bleeding sites. This overcame the systemic side effects of vasopressin and resulted in a reduced risk of intestinal infarction and vascular bleeding. Recently, many reports have suggested that superelective embolization for the management of gastrointestinal bleeding rapidly stops bleeding with minimal risk of ischemia. However, the risk of ischemia after embolization is increased in patients with a history of surgical intervention in the same area or when the therapeutic intervention involves embolic agents that may advance into the vascular bed. Such agents include liquids (for example, fabric adhesives such as cyanoacrylate) or very small particles.

In stable patients, multidetector computed tomography (MDCT) imaging is a useful tool to identify bleeding sites and assess the anatomical structure of the gastrointestinal tract, thereby allowing for more targeted intervention. Scintigraphy of red blood cells has a sensitivity and specificity of more than 90%. However, its simulated resolution does not provide an accurate diagnosis. Computed tomography angiography (CTA) is also used (sensitivity up to 86%) in the diagnosis of acute GI bleeding and can be used to pinpoint the location and etiology of bleeding and thus direct further management. A positive MDCT angiogram may be useful in selecting patients suitable for rapid targeted embolization. Visualization of active extravasation of contrast medium in the gastrointestinal tract requires careful attention to technique, including the use of fine collimation, rapid administration of contrast medium, and appropriate scan times. Additionally, multimodal reconstruction and three-dimensional imaging are useful in determining the exact source of bleeding. Although further studies are needed to determine which course of action is best when bowel preparation is not possible, CTA may be useful in this situation to identify the site of bleeding [18,34, 45,74].

The idea of embolization of duodenal bleeding as an alternative use of surgery belongs to Roche (1972). Since then, arterial embolization has been considered as an effective diagnostic and surgical method

1. Common causes of duodenal bleeding:

- Arteriovenous malformation
- Visceral aneurysms/pseudoaneurysm
- Angiodysplasia
- Aortoenteric fistula
- Hemophilia
- Intestinal diverticula
- Inflammatory bowel disease (ulcer disease)
- Benign anorectal lesions

The main causes of duodenal bleeding. (See Illustration-1).

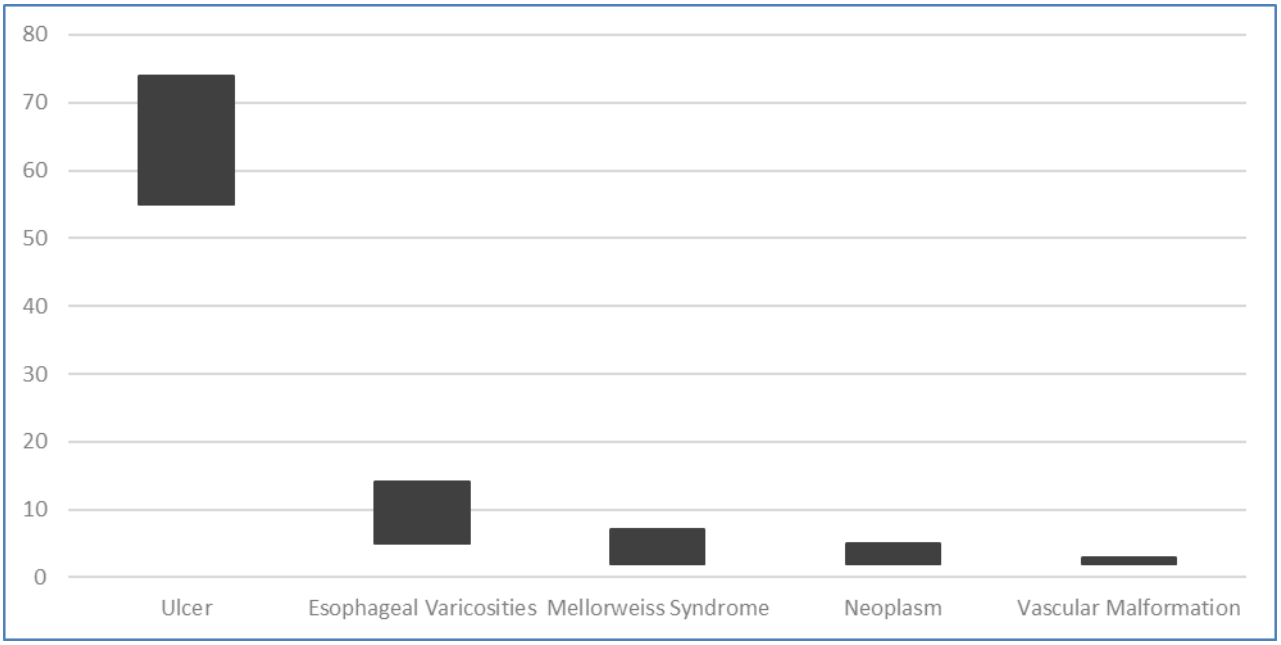


Illustration-1. Transcatheter arterial embolization for acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: Indications, techniques and outcomes.

2. Frequency of duodenal bleeding:

- 375 cases per 100,000 population
- Acute case of bleeding-75%
- 70% of patients are >65 years old
- Recurrent bleeding-25%
- Mortality is 19-40%
- Ratio male 2:1 female

3. Clinical manifestations of duodenal bleeding

- Hematemesis
- Color brownish vomit
- Melena
- Anemia
- Tachycardia (if blood loss > 500 ml)
- Hypotension (if blood loss > 500 ml)
- Systemic shock (if blood loss is more than 15% of circulating blood volume).

Case Report

A middle-aged patient was admitted to the emergency department with clinical manifestations suggestive of acute upper gastrointestinal bleeding. The patient presented with symptoms including hematemesis, melena, generalized weakness, dizziness, and signs of progressive hemodynamic instability. Initial physical examination revealed pallor, tachycardia, and a moderate decrease in arterial blood pressure, indicating significant blood loss. Laboratory investigations demonstrated reduced hemoglobin levels and hematocrit values consistent with acute hemorrhage. Immediate resuscitative measures were initiated, including intravenous fluid therapy, blood transfusion when required, and pharmacological treatment with proton pump inhibitors in order to stabilize the patient's clinical condition.

Following initial stabilization, urgent upper gastrointestinal endoscopy was performed to determine the source of bleeding. Endoscopic examination revealed the presence of a duodenal ulcer with active bleeding. The ulcerative lesion was located in the duodenal bulb and showed signs of arterial erosion, which is a well-recognized cause of severe gastrointestinal hemorrhage. Endoscopic hemostatic techniques were attempted, including injection therapy and mechanical clipping. Although temporary bleeding control was achieved during the procedure, recurrent hemorrhage occurred within a short period of time, indicating failure of endoscopic therapy.

Given the persistence of bleeding and the risk of further hemodynamic deterioration, the patient was referred for angiographic evaluation and possible endovascular intervention. Digital subtraction angiography of the celiac trunk and superior mesenteric artery was performed to identify the vascular source of the hemorrhage. Angiographic imaging revealed contrast extravasation from a branch of the gastroduodenal artery, confirming the presence of active arterial bleeding in the duodenal region.

A microcatheter was advanced selectively into the affected arterial branch under fluoroscopic guidance. Superselective catheterization allowed precise localization of the bleeding vessel while preserving blood flow to adjacent vascular territories. Once the catheter position was confirmed, embolization was performed using metallic coils and additional embolic materials to occlude the bleeding artery. The

embolic agents induced rapid thrombosis within the targeted vessel, effectively stopping the hemorrhage.

Control angiography performed immediately after embolization demonstrated complete cessation of contrast extravasation and successful occlusion of the bleeding vessel. The patient's hemodynamic status improved significantly following the procedure, and no further episodes of bleeding were observed during the subsequent monitoring period. Post-procedural management included continued proton pump inhibitor therapy, monitoring of hemoglobin levels, and evaluation for underlying etiological factors contributing to ulcer formation.

The patient recovered without major complications and was discharged in stable condition after appropriate observation and follow-up assessment. This case illustrates the clinical effectiveness of transcatheter arterial embolization as a minimally invasive therapeutic approach for the management of severe gastrointestinal bleeding when endoscopic treatment fails.

Diagnosis by fibrogastroscopy. See Photo-1-2.

Photo-1-2. Fibrogastroscopy technics.

Angiography as a method of determining bleeding and result. (See Photo-3).

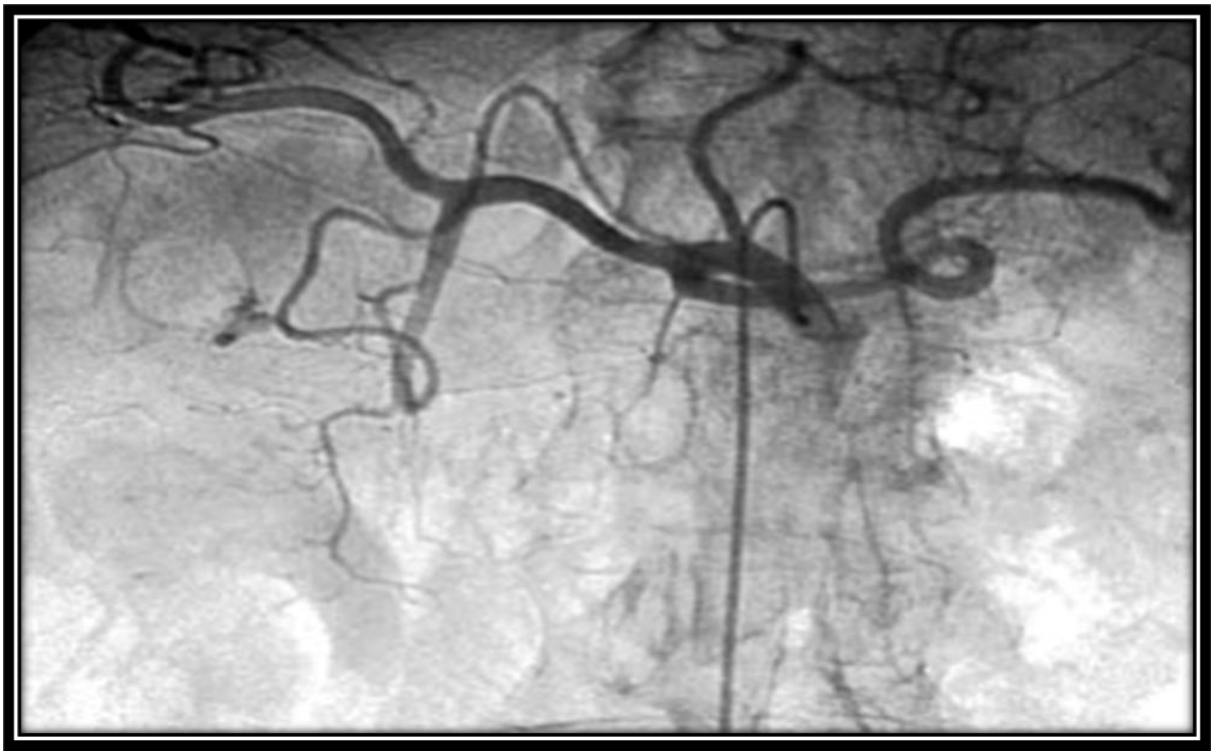


Photo-3. Angiography as a method of determining bleeding and result.

Angiographic signs of acute duodenal bleeding

- Direct:

1. Contrast extravasation into the intestinal lumen

- Indirect:

2. "Aneurysms/pseudoaneurysms
3. Asymmetry of the blood vessel
4. Arteriovenous/arterioportal shunting
5. Neovascular

Our Purpose was to improvement of the results of surgical treatment of duodenal ulcer bleeding based on the use of endovascular embolization:

The task

1. To determine indications for endovascular occlusion in ulcer patients complicated by gastroduodenal bleeding.
2. The technique of endovascular interventions should be perfected.
3. To evaluate the effectiveness of the endovascular occlusion method compared to the surgical method of treatment in high-risk patients.

4. The tactics of surgical treatment of the mentioned patients should be developed based on the use of the endovascular occlusion method.

- Forrest's classification during endoscopy

1. Forrest IA
2. Forrest IB
3. Forrest IIA
4. Forrest IIB
5. Forrest IIC
6. Forrest III

Risk of rebleeding according to the Forrest classification. (See Illustration-2).

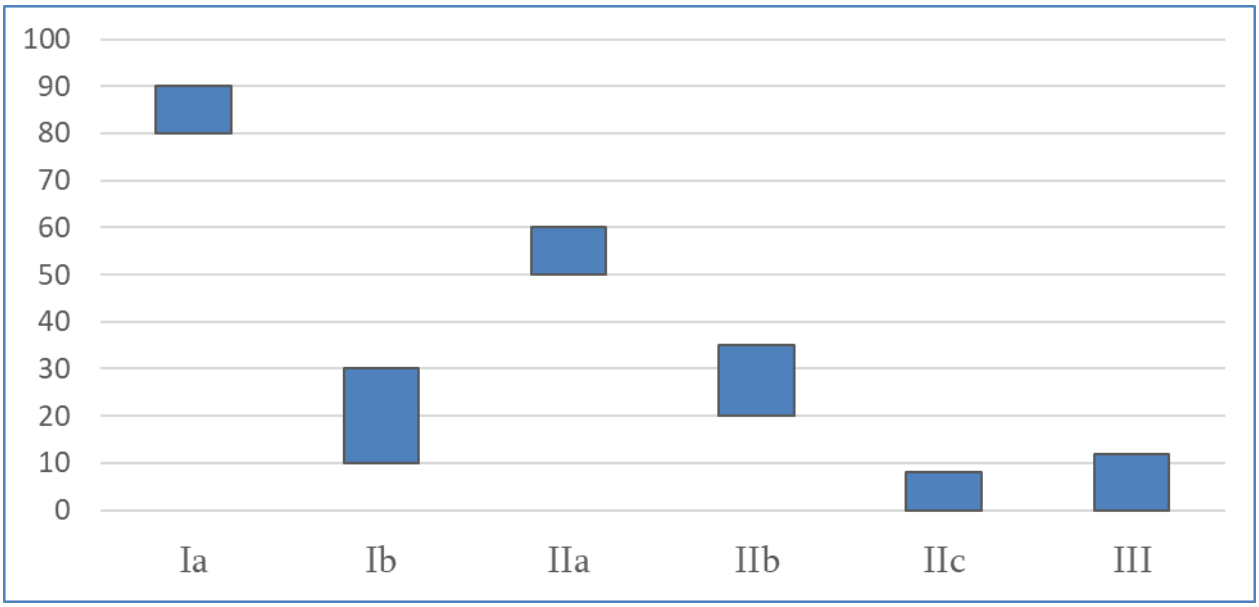


Illustration-2. Risk of rebleeding according to the Forrest classification.

- **Testimonials**

1. Low-risk patients - surgical treatment
2. And high-risk patients - endovascular surgery
3. Recurrent bleeding after surgery - endovascular surgery

The diagnosis and management of gastrointestinal (GI) bleeding are complicated and requires a multidisciplinary approach involving gastroenterologists, interventional radiologists, and surgeons.

- **Testimonials**

1. With active bleeding (requiring 4 units of blood transfusion in 24 hours).

2. With hemodynamic instability (low systolic pressure, pulse 100 or more, hypovolemic shock) - who did not have satisfactory results during endoscopic hemostasis, in this case it will be important to calculate the Rokall score.
3. A high risk of rebleeding should be used in the Forrest classification. Forrest 1A, Forrest 1B Forrest 2A and Forrest 2B
4. Co-morbidities that aggravate the patient's medical history.

Graphical comparison of mean age of TAE and surgical groups in included studies. See Illustartion-3

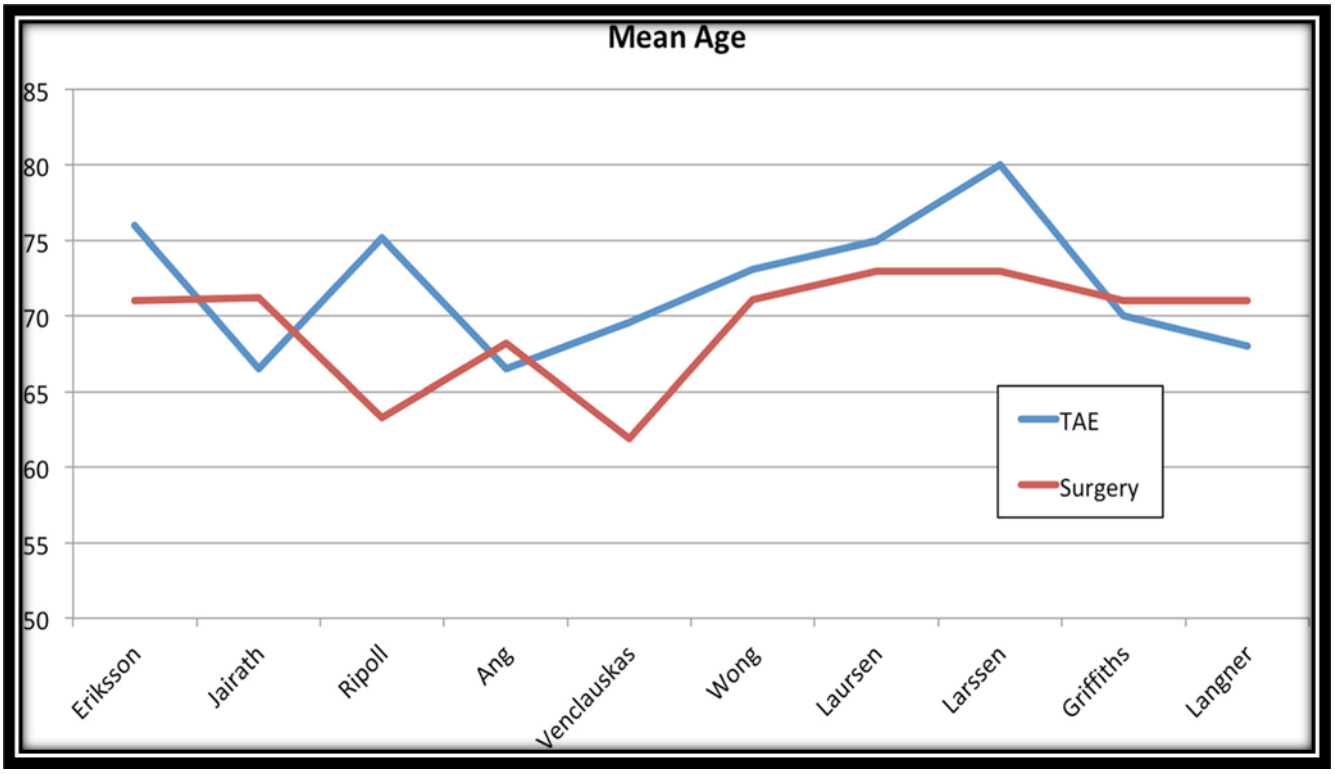


Illustration-3. Graphical comparison of mean age of TAE and surgical groups.

Material and methods**:** From March 2019 to December 2024, 40 patients were embolized during duodenal bleeding.

- These patients were divided into the following groups:

5. Massive, active bleeding;
6. Recurrence of bleeding in clinic and endoscopy was unsuccessful;
7. Unstable hemodynamics and solid hemostasis could not be achieved during endoscopy;
8. Failed to evacuate stomach contents and failed to see a bleeding ulcer;
9. High risk of bleeding recurrence (Forest classification);
10. Elderly and patients burdened with co-morbidities, with whom operative intervention represents a high risk of lethality.

Embolization performed according to Forrest's classification in 40 patients. See Illustration-4.

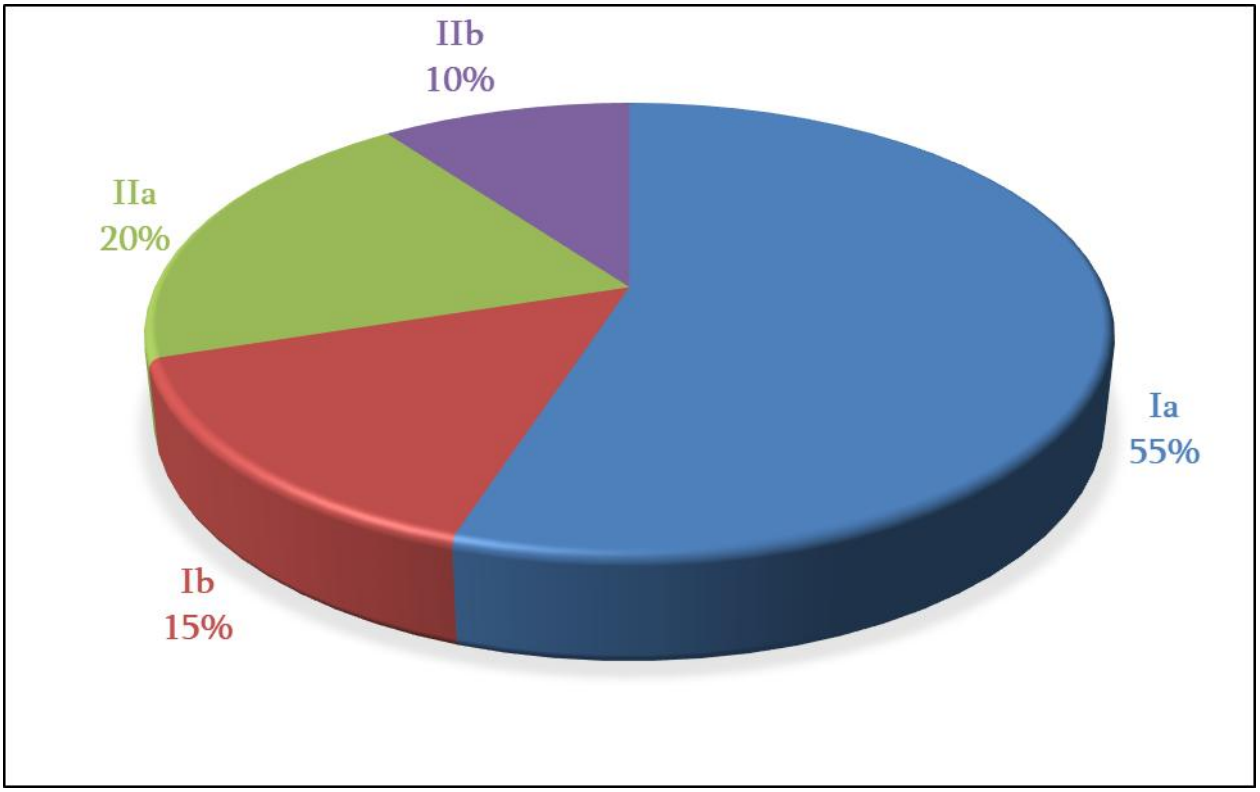


Illustration-4. Embolization performed according to Forrest's classification

11. Embolization methods
12. Blind- embolization
13. Empirical embolization

14. Technical aspects of embolization
15. Radial approach
16. Femoral artery approach

17. Factors influencing the choice of embolic agent
1. Angiographic conclusion
2. Vascular anatomy
3. Vascular size
4. Desired level of vascular occlusion
5. Temporary or permanent occlusion is preferred
6. Catheter position
7. Operator experience

Embolization techniques. (See Illustration-5).

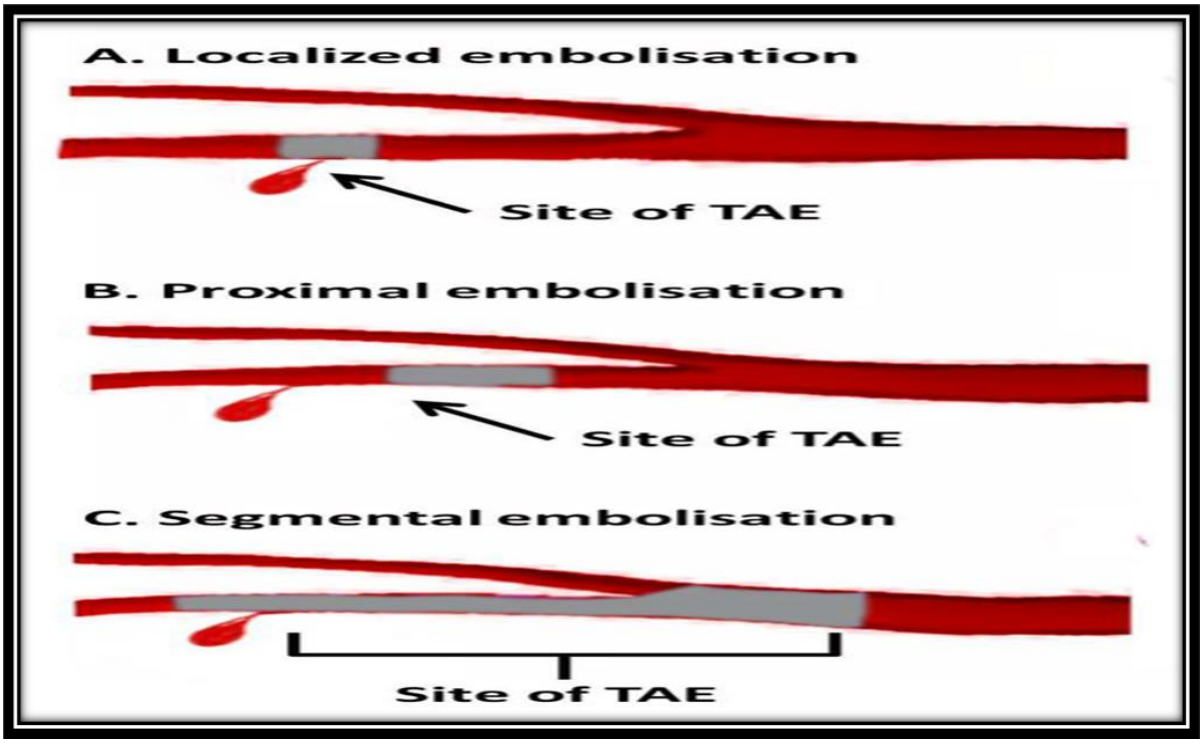


Illustration-5. Embolization techniques.

Embolization Sendvich technique. See Illustration-6.

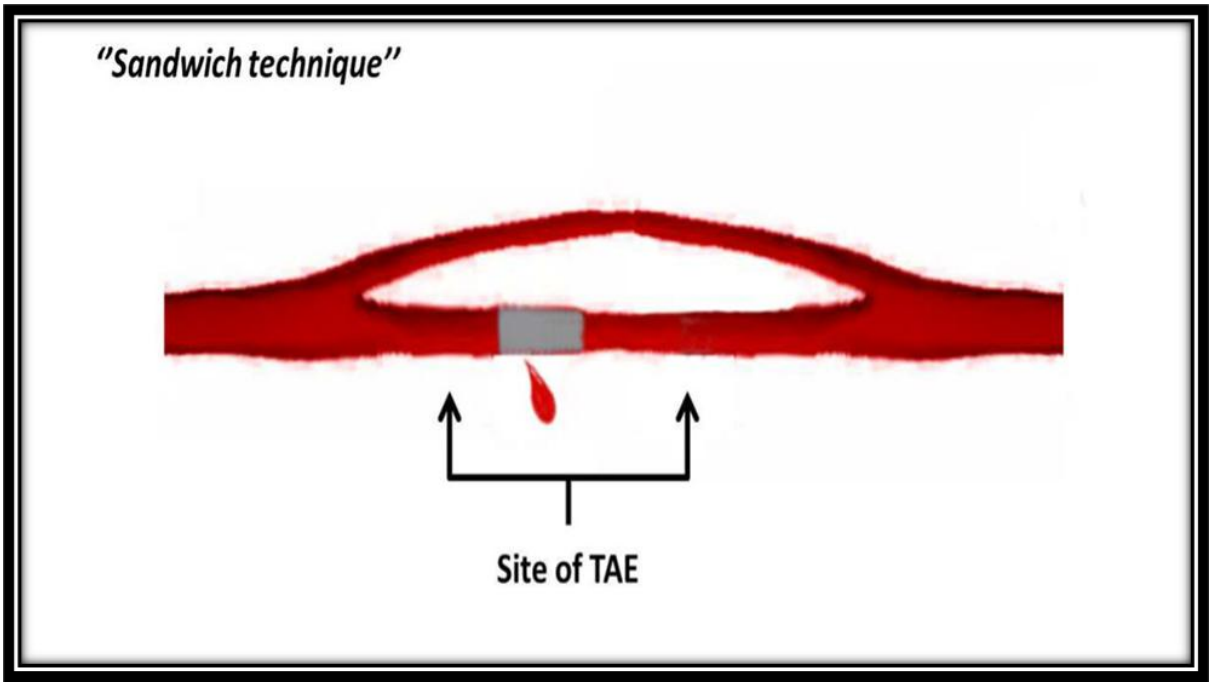


Illustration-6. Embolization Sendvich technique.

8. Study Results:

1. Technical success in 39 patients (97.5%).
2. Technical failure in 1 patient (2.5%).

Embolization results obtained on 40 patients. (See Illustration-7).

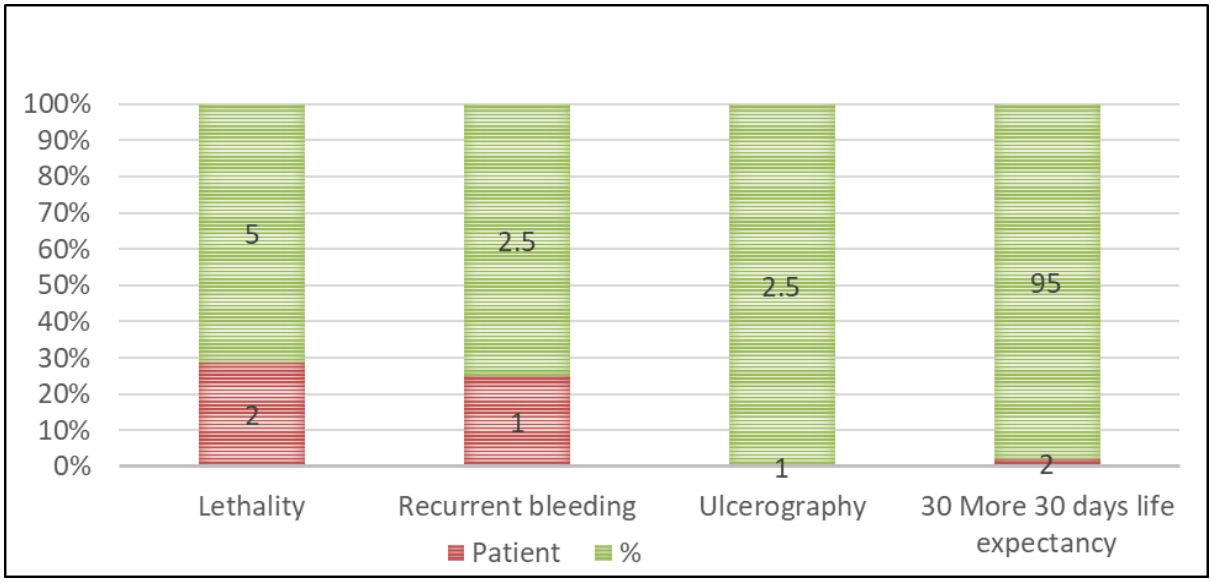


Illustration-7. Embolization results.

3. Case description

1. The patient is 78 years old
2. Pain in the chest
3. Marked respiratory failure
4. Troponin 2.6 ug/L
5. ST-elevation on the cardiogram

Angiography results. See Photo-4.

Photo -4. Angiography results.

1. The following criteria are used to evaluate the effectiveness of endovascular hemostasis:
1. Technical success - interruption of blood flow in the embolization zone.
2. Clinical success - correction of bleeding recurrence and stabilization of hemodynamics
3. Unsuccessful embolization.
4. Studies show that coagulopathy is significantly associated with mortality after failed embolization.

The risk of rebleeding after successful embolization is three times greater in patients with coagulation problems, and for the same reason there is a 10-fold greater risk of death compared to patients with normal coagulation.

Improvements in catheter technology, development of more compatible embolization devices, and expansion of embolization techniques have led to angiography and embolization for the treatment of upper and lower gastrointestinal bleeding. Transcatheter embolization therapy for the treatment of acute GI bleeding is a safe procedure with high technical performance and clinical success, but it should be reserved as a treatment option for patients who have failed endoscopic and medical management. MDCT imaging is a useful tool for identifying the site of bleeding and evaluating the anatomical structure of the gastrointestinal tract in stable patients. Close working relationships between interventional radiologists, gastroenterologists, and diagnostic radiologists are essential for the optimal management of patients with GI bleeding. Endovascular embolization dramatically reduces the mortality rate in high-risk patients who require open surgery after failed endoscopy, further studies are needed to fully address these objectives.

Conclusion

1. Gastrointestinal bleeding remains a serious and potentially life-threatening clinical condition requiring rapid diagnosis and effective therapeutic intervention. Advances in diagnostic imaging and interventional radiology have significantly improved the management of this complex medical emergency. The results of the present analysis emphasize the growing importance of endovascular techniques, particularly transcatheter arterial embolization, in the treatment of gastrointestinal hemorrhage associated with duodenal ulcer disease.
2. Endoscopic therapy continues to represent the first-line treatment for most cases of upper gastrointestinal bleeding. However, when endoscopic interventions fail to achieve durable hemostasis or when bleeding recurs, alternative treatment strategies must be considered. In such circumstances, endovascular embolization provides a highly effective and minimally invasive therapeutic option that can achieve rapid control of hemorrhage while avoiding the risks associated with emergency surgical procedures.
3. The clinical findings presented in this work demonstrate that angiographic embolization can successfully identify and treat bleeding vessels with a high rate of technical and clinical success. Superselective catheterization techniques allow precise occlusion of the responsible artery while preserving collateral blood supply to surrounding tissues. As a result, the risk of ischemic complications is minimized, and patient recovery is generally faster compared with traditional surgical interventions.
4. Furthermore, the integration of modern imaging techniques, such as multidetector computed tomography angiography, has significantly enhanced the ability of clinicians to localize bleeding sources and plan targeted therapeutic interventions. These imaging modalities provide valuable anatomical and functional information that supports accurate diagnosis and facilitates efficient endovascular treatment.
5. Overall, endovascular surgery has emerged as an essential component of the multidisciplinary approach to gastrointestinal bleeding management. The combination of advanced diagnostic imaging, endoscopic therapy, and interventional radiology techniques offers a comprehensive framework for controlling hemorrhage and improving patient outcomes. Continued technological innovation and clinical research are expected to further refine these methods and expand their applications in the treatment of gastrointestinal bleeding.

Recommendations

1. The management of gastrointestinal bleeding should be based on a multidisciplinary approach involving gastroenterologists, surgeons, and interventional radiologists. Early identification of the bleeding source and prompt initiation of appropriate therapeutic measures are essential for preventing complications and reducing mortality.
2. Endoscopic evaluation should remain the primary diagnostic and therapeutic modality for patients presenting with upper gastrointestinal bleeding. However, clinicians must be prepared to consider alternative treatment strategies in cases where endoscopic hemostasis is unsuccessful or when recurrent bleeding occurs.
3. Endovascular embolization should be regarded as a highly effective second-line treatment for patients with persistent or recurrent gastrointestinal hemorrhage. The procedure offers several advantages, including minimal invasiveness, rapid hemostasis, and reduced postoperative morbidity compared with surgical intervention.
4. Healthcare institutions should ensure the availability of modern angiographic equipment and trained interventional radiology specialists in order to provide timely and effective treatment for patients with severe gastrointestinal bleeding. The establishment of standardized clinical protocols for the management of gastrointestinal hemorrhage may also improve treatment outcomes and reduce variability in clinical practice.

5. Future research should focus on evaluating long-term outcomes following endovascular treatment, optimizing embolization techniques, and developing novel embolic materials with improved safety and efficacy profiles. Such investigations will contribute to the continued advancement of minimally invasive therapies in the field of gastrointestinal bleeding management.

Acknowledgments

Declaration of Interest Statement. We confirm that the manuscript has been read and approved by all named authors and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. We further confirm that the order of authors listed in the manuscript has been approved by all of us. Conflict of interest-None.

References

1. Cherian MP, Mehta P, Kalyanpur TM, Hedgire SS, Narsinghpura KS: Arterial interventions in gastrointestinal bleeding. Semin Intervent Radiol, 2009; 26: 184-195.
2. Sheth R, Someshwar V, Warawdekar G: Treatment of acute lower gastrointestinal hemorrhage by superselective transcatheter embolization. Indian J Gastroenterol, 2006; 25: 290-294.
3. Rozycki GS, Tremblay L, Feliciano DV, etal: Three hundred consecutive emergent celiotomies in general surgery patients. Ann Surg, 2002; 235: 681-689.
4. Pennoyer WP, Vignati PV and Cohen JL: Management of angiogram positive lower gastrointestinal hemorrhage: long term follow-up of non-operative treatments. Int J Colorectal Dis, 1996; 11: 279-282.
Schuetz A, Jauch KW: Lower gastrointestinal bleeding: therapeutic strategies, surgical techniques and results. Langenbecks Arch Surg, 2001; 386: 17-25.
5. Mirsadraee S, Tirukonda P, Nicholson A, Everett SM, McPherson SJ: Embolization for non-variceal upper gastrointestinal tract haemorrhage: a systematic review. Clin Radiol, 2011; 66: 500-509.
6. Bjorkman DJ, Zaman A, Fennerty MB, Lieberman D, Disario JA, Guest-Warnick G: Urgent vs. electiveendoscopy for acute non-variceal upper GI-bleeding: an effectiveness study. Gastrointest Endosc, 2004; 60: 1-8.
7. Church NI, Palmer KR: Diagnostic and therapeutic endoscopy. Curr Opin Gastroenterol, 1999; 15: 504.
8. Yap FY, Omene BO, Patel MN, etal: Transcatheter embolotherapy for gastrointestinal bleeding: a single center review of safety, efficacy, and clinical outcomes. Dig Dis Sci, 2013; 58: 1976-1984.
9. DeBarros J, Rosas L, Cohen J, Vignati P, Sardella W, Hallisey M: The changing paradigm for the treatment of colonic hemorrhage: superselective angiographic embo- lization. Dis Colon Rectum, 2002; 45: 802-808.
10. Lewis BS: Small intestinal bleeding. Gastroenterol Clin North Am, 1994; 23: 67-91.
11. Jenson DM, Machicado GA, Jutabha R, Kovacs TO: Urgentcolonoscopy for the diagnosis and treatment of severe diverticular hemorrhage. N Engl J Med, 2000; 342: 78-82.
12. Zuccaro G: Management of the adult patient with acute lower gastrointestinal bleeding. Am J Gastroenterol, 1998; 93: 1202-1208.
13. Angtuaco TL, Reddy SK, Drapkin S, Harrell LE, Howden CW: The utility of urgent colonoscopy in the evaluation of acute lower gastrointestinal tract bleeding: a 2-year experience from a single center. Am J Gastroenterol, 2001; 96: 1782-1785.

14. Bloomfield RD, Rockey DC, Shetzline MA: Endoscopic therapy of acute diverticular hemorrhage. Am J Gastroenterol, 2001; 96: 2367-2372.

15. Eisen GM, Dominitz JA, Faigel D, etal; American Society for Gastrointestinal Endoscopy. Standards of Practice Committee: an annotated algorithmic approach to acute lower gastrointestinal bleeding. Gastrointest Endosc, 2001; 53: 859-863.

16. Zuckerman GR, Prakash C: Acute lower intestinal bleeding. Part I: clinical presentation and diagnosis. Gastrointest Endosc, 1998; 48: 606-617.

17. Fisher L, Krinsky ML, Anderson MA, etal: The role of endoscopy in the management of obscure GI bleeding. Gastrointestinal Endoscopy, 2010; 72: 471-479.

18. Funaki B, Kostelic JK, Lorenz J, etal: Superselective microcoil embolization of colonic hemorrhage. Am J Roentgenol, 2001; 177: 829-836.

19. Funaki B: Superselective embolization of lower gastrointestinal hemorrhage: a new paradigm. Abdom Imaging, 2004; 29: 434-438.

20. Barkun AN, Bardou M, Kuipers EJ, etal: International consensus recommendations on the management of patients with nonvariceal upper gastrointestinal bleeding. Ann Intern Med, 2010; 152: 101-113.

21. Weldon DT, Burke SJ, Sun S, Mimura H, Golzarian J: Interventional management of lower gastrointestinal bleeding. Eur Radiol, 2008; 18: 857-867.

22. Mirsadraee S, Tirukonda P, Nicholson A, Everett SM, McPherson SJ: Embolization for non-variceal upper

23. Charbonnet P, Toman J, Buhler L, etal: Treatment of gastrointestinal hemorrhage. Abdom Imaging, 2005; 30: 719-726.

24. Gocha Chankseliani, Avtandil Girdaladze, Omar Gibradze, Paata Meshveliani, Kakha Chelidze, Mirian Cheishvili, Ana Kvernadze, Nodar Sulashvili. THE FEATURES OF ENDOVASCULAR SURGERY FOR DUODENAL ULCER BLEEDING. RS Global - World Science [Internet]. 2023Dec.11 [cited 2024Feb.13];(4(82). Available from: https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/2690

25. Gocha Chankseliani, Avtandil Girdaladze, Omar Gibradze, Paata Meshveliani, Kakha Chelidze, Mirian Cheishvili, Ana Kvernadze, Nodar Sulashvili; THE MANIFESTATION OF SOME KEY ISSUE ASPECTS OF PECULIARITIES OF ENDOVASCULAR SURGERY BASED ON ENDOVASCULAR EMBOLIZATION FOR BLEEDING FROM GASTRO-DUODENAL ULCER AND FEATURES OF SOME ESSENTIAL PHARMACOTHERAPY; ISBN: 978-9941-9711-7-4; DOI suffix: 10.36962/IMPAS01-2023; CONFERENCE PROCEEDINGS; THE FIRST INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE IN HEALTH INNOVATIONS & RESEARCH: PROGNOSIS, ACHIEVEMENT AND CHALLENGES; DECEMBER 15-16, 2023. TALLINN, ESTONIA-2023. Pp:14-15.

26. G. Chankseliani, A. Girdaladze, O. Gibradze, P. Meshveliani, K. Chelidze, M. Cheishvili, A. Kvernadze, N. Sulashvili; THE MANIFESTATION OF SOME KEY ISSUE ASPECTS OF PECULIARITIES OF ENDOVASCULAR SURGERY BASED ON ENDOVASCULAR EMBOLIZATION FOR BLEEDING FROM GASTRO-DUODENAL ULCER AND FEATURES OF SOME ESSENTIAL PHARMACOTHERAPY; ISSN: 2346-8068, E-ISSN: 2346-8181; DOI: 10.36962/ALISJMSC; http://scsj.fisdd.org/index.php/ail/home/Archive_of_Issues; DOI PREFIX: 10.36962/ALISJMSC; SOUTHERN CAUCASUS SCIENTIFIC JOURNALS; AMBIANCE IN LIFE; INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL IN MEDICINE; JOURNAL OF BEHAVIORAL MEDICINE, REFEREED AND REVIEWED JOURNAL; VOLUME 15, ISSUE -01, 2023; 15.01.2023. TBILISI-GEORGIA-2023. Pp: 20-38.

27. Gocha Chankseliani, Avtandil Girdaladze, Omar Gibradze, Paata Meshveliani, Kakha Chelidze, Nodar Sulashvili; THE SCIENTIFIC DISCUSSION SINGULARITIES OF ENDOVASCULAR SURGERY AND ENDOVASCULAR EMBOLIZATION FOR BLEEDING FROM GASTRO-DUODENAL ULCER AND TREATMENT OF COMPLICATIONS; ISBN - 978-1-955094-84-9; By Liberty Academic Publishers 2023; New York, USA; PROCEEDINGS BOOK; PROCEEDINGS BOOK OF 5 BASKENT INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES; December 21-22, 2023, Ankara, Turkey-2023. Pp:1041-1059.

28. [Guideline] Talley NJ, Vakil N, for the Practice Parameters Committee of the American College of Gastroenterology. Guidelines for the management of dyspepsia. Am J Gastroenterol. 2005 Oct. 100(10):2324-37. [QxMD MEDLINE Link].

29. Tajima A, Koizumi K, Suzuki K, et al. Proton pump inhibitors and recurrent bleeding in peptic ulcer disease. J Gastroenterol Hepatol. 2008 Dec. 23 suppl 2: S237-41. [QxMD MEDLINE Link].

30. McConnell DB, Baba GC, Deveney CW. Changes in surgical treatment of peptic ulcer disease within a veteran's hospital in the 1970s and the 1980s. Arch Surg. 1989 Oct. 124(10):1164-7. [QxMD MEDLINE Link].

31. Gisbert JP, Calvet X, Cosme A, et al, for the H. pylori Study Group of the Asociacion Espanola de Gastroenterologia (Spanish Gastroenterology Association). Long-term follow-up of 1,000 patients cured of Helicobacter pylori infection following an episode of peptic ulcer bleeding. Am J Gastroenterol. 2012 Aug. 107(8):1197-204. [QxMD MEDLINE Link].

32. [Guideline] Tarasconi A, Coccolini F, Biffl WL, et al. Perforated and bleeding peptic ulcer: WSES guidelines. World J Emerg Surg. 2020. 15:3. [QxMD MEDLINE Link]. [Full Text].

33. Berne TV, Donovan AJ. Nonoperative treatment of perforated duodenal ulcer. Arch Surg. 1989 Jul. 124(7):830-2. [QxMD MEDLINE Link].

34. Donovan AJ, Berne TV, Donovan JA. Perforated duodenal ulcer: an alternative therapeutic plan. Arch Surg. 1998 Nov. 133(11):1166-71. [QxMD MEDLINE Link].

35. Wangensteen OH. Non-operative treatment of localized perforations of the duodenum. Proc Minn Acad Med. 1935. 18:477-80.

36. Strand DS, Kim D, Peura DA. 25 years of proton pump inhibitors: a comprehensive review. Gut Liver. 2017 Jan 15. 11(1):27-37. [QxMD MEDLINE Link]. Kajihara Y, Shimoyama T, Mizuki I. Analysis of the cost effectiveness of using vonoprazan-amoxicillin-clarithromycin triple therapy

37. For first-line Helicobacter pylori eradication. Scand J Gastroenterol. 2017 Feb. 52(2):238-41. [QxMD MEDLINE Link].

38. Ng JC, Yeomans ND. Helicobacter pylori infection and the risk of upper gastrointestinal bleeding in low dose aspirin users: systematic review and meta-analysis. Med J Aust. 2018 Sep 1. 209(7):306-11. [QxMD MEDLINE Link].

39. Mirabella A, Fiorentini T, Tutino R, et al. Laparoscopy is an available alternative to open surgery in the treatment of perforated peptic ulcers: a retrospective multicenter study. BMC Surg. 2018 Sep 25. 18(1):78. [QxMD MEDLINE Link].

40. Havens JM, Castillo-Angeles M, Nitzschke SL, Salim A. Disparities in peptic ulcer disease: A nationwide study. Am J Surg. 2018 Dec. 216(6):1127-8. [QxMD MEDLINE Link].

41. [Guideline] Satoh K, Yoshino J, Akamatsu T, et al. Evidence-based clinical practice guidelines for peptic ulcer disease 2015. J Gastroenterol. 2016 Mar. 51(3):177-94. [QxMD MEDLINE Link].

42. Lau JY, Sung J, Hill C, Henderson C, Howden CW, Metz DC. Systematic review of the epidemiology of complicated peptic ulcer disease: incidence, recurrence, risk factors and mortality. Digestion. 2011. 84(2):102-13. [QxMD MEDLINE Link].

43. Sonnenberg A. Temporal trends and geographical variations of peptic ulcer disease. Aliment Pharmacol Ther. 2005. 9 suppl 2:3-12. [QxMD MEDLINE Link].

44. Mohamed WA, Schaalan MF, Ramadan B. The expression profiling of circulating miR-204, miR-182, and lncRNA H19 as novel potential biomarkers for the progression of peptic ulcer to gastric cancer. J Cell Biochem. 2019 Aug. 120(8):13464-77. [QxMD MEDLINE Link].

45. Sanaii A, Shirzad H, Haghighian M, et al. Role of Th22 cells in Helicobacter pylori-related gastritis and peptic ulcer diseases. Mol Biol Rep. 2019 Dec. 46(6):5703-12. [QxMD MEDLINE Link].

46. Eriksson LG, Ljungdahl M, Sundbom M et al. Transcatheter arterial embolization versus surgery in the

47. treatment of upper gastrointestinal bleeding after therapeutic endoscopy failure. J Vasc Interv Radiol

48. 2008; 19: 1413–1418.

49. Wong TC, Wong KT, Chiu PW et al. A comparison of angiographic embolization with surgery after failed endoscopic hemostasis to bleeding peptic ulcers. Gastrointest Endosc 2011; 73: 900–908.

50. Stampfl U, Hackert T, Sommer CM et al. Superselective embolization for the management of

51. postpancreatectomy hemorrhage: a single-center experience in 25 patients. J Vasc Interv Radiol 2012;

52. 23: 504–510.

53. Hassold N, Wolfschmidt F et al. Effectiveness and outcome of endovascular therapy for late-onset

54. postpancreatectomy hemorrhage using covered stents and embolization. J Vasc Surg 016; 64:1373–83.

55. Kickuth R, Hoppe H, et al. Superselective transcatheter arterial embolization in patients with acute peripancreatic bleeding complications: review of 44 cases. Abdom Radiol (NY) 2016; 41:1782–92.

56. Nicholson AA, Patel J, McPherson S et al. Endovascular treatment of visceral aneurysms associated

57. with pancreatitis and a suggested classification with therapeutic implications. J Vasc Interv Radiol

58. 2006; 17: 1279–1285.

59. Lang EV, Picus D, Marx MV et al. Massive arterial hemorrhage from the stomach and lower esophagus:

60. impact of embolotherapy on survival. Radiology 1990; 177: 249–252.

61. d'Othee BJ, Surapaneni P, Rabkin D et al. Microcoil embolization for acute lower gastrointestinal

62. bleeding. Cardiovasc Intervent Radiol 2006; 29: 49–58.

63. Weldon DT, Burke SJ, Sun S et al. Interventional management of lower gastrointestinal bleeding.

64. European radiology 2008; 18: 857–867.

65. Encarnacion CE, Kadir S, Beam CA et al. Gastrointestinal bleeding: treatment with gastrointestinal

66. arterial embolization. Radiology 1992; 183: 505–508.

67. Loffroy R, Favelier S, et al. Transcatheter arterial embolization for acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: Indications, techniques and outcomes. Diagn Interv Imaging 2015; 96: 731–744.

68. Augustin AM et al. Endovascular Therapy of Gastrointestinal Bleeding. Fortschr Röntgenstr 2019; 191:

69. 1073–1082.

70. 58. Loffroy R, Guiu B, Cercueil JP et al. Endovascular therapeutic embolisation: an overview of occluding

71. agents and their effects on embolised tissues. Curr Vasc Pharmacol 2009; 7: 250–263.

72. Lipof T, Sardella WV, Bartus CM et al. The efficacy and durability of super-selective embolization in the treatment of lower gastrointestinal bleeding. Dis Colon Rectum 2008; 51: 301–305.

73. Ikoma A, Kawai N, Sato M et al. Ischemic effects of transcatheter arterial embolization with N-butyl cyanoacrylate-lipiodol on the colon in a Swine model. Cardiovasc Intervent Radiol 2010; 33:1009-1015.

74. Bandi R, Shetty PC, Sharma RP et al. Superselective arterial embolization for the treatment of lower gastrointestinal hemorrhage. J Vasc Interv Radiol 2001; 12: 1399–1405.

75. Barkun AN, Almadi M, Kuipers EJ, et al. Management of nonvariceal upper gastrointestinal bleeding. Ann Intern Med. 2019;171(11):805-822.

76. Laine L, Jensen DM. Management of patients with ulcer bleeding. Am J Gastroenterol. 2012;107(3):345-360.

77. Loffroy R, Rao P, Ota S, et al. Embolization for gastrointestinal bleeding: review of current techniques and outcomes. Radiographics. 2015;35(3):701-722.

78. Defreyne L, Vanlangenhove P, De Vos M, et al. Transcatheter embolization as treatment of gastrointestinal bleeding. Acta Radiol. 2001;42(3):281-287.

79. Ripoll C, Banares R, Beceiro I, et al. Comparison of transcatheter arterial embolization and surgery for uncontrolled gastrointestinal bleeding. Am J Gastroenterol. 2004;99(10):2040-2045.

80. Schenker MP, Duszak R, Soulen MC, et al. Upper gastrointestinal hemorrhage and transcatheter embolization. J Vasc Interv Radiol. 2001;12(11):1263-1271.

81. Beggs AD, Dilworth MP, Powell SL, Atherton H. A systematic review of transcatheter arterial embolization versus emergency surgery. World J Surg. 2014;38(9):2267-2274.

82. Kim JH, Shin JH, Yoon HK, et al. Angiographic management of gastrointestinal bleeding. Radiology. 2009;251(3):739-748.

83. Loffroy R, Guiu B. Role of interventional radiology in gastrointestinal bleeding. World J Gastroenterol. 2011;17(30):3643-3651.

84. Green BT, Rockey DC, Portwood G, et al. Urgent colonoscopy for evaluation and management of acute lower gastrointestinal bleeding. Am J Gastroenterol. 2005;100(11):2395-2402.

85. Barkun AN, Almadi M, Kuipers EJ, et al. Management of nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: guideline recommendations. Ann Intern Med. 2019;171(11):805–822.

86. Loffroy R, Rao P, Ota S, De Lin M, Kwak BK, Geschwind JF. Embolization for gastrointestinal bleeding: review of current techniques and therapeutic outcomes. Radiographics. 2015;35(3):701–722.

87. Laine L, Jensen DM. Management of patients with ulcer bleeding. Am J Gastroenterol. 2012;107(3):345–360.

88. Schenker MP, Duszak R Jr, Soulen MC, et al. Upper gastrointestinal hemorrhage and transcatheter embolization: clinical and technical factors influencing success. J Vasc Interv Radiol. 2001;12(11):1263–1271.

89. Gastroenterology Barkun AN, Almadi M, Kuipers EJ, et al. Management of nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: guideline recommendations from the international consensus group. *Ann Intern Med.* 2019;171(11):805–822.

90. Laine L, Jensen DM. Management of patients with ulcer bleeding. *Am J Gastroenterol.* 2012;107(3):345–360.

91. Gralnek IM, Dumonceau JM, Kuipers EJ, et al. Diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage: European Society of Gastrointestinal Endoscopy guideline. *Endoscopy.* 2015;47(10):a1–a46.

92. Loffroy R, Guiu B, D'Athis P, et al. Arterial embolotherapy for endoscopically unmanageable acute gastroduodenal hemorrhage: predictors of early rebleeding. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2009;7(5):515–523.

93. Schenker MP, Duszak R Jr, Soulen MC, et al. Upper gastrointestinal hemorrhage and transcatheter embolotherapy: clinical and technical factors impacting success and survival. *J Vasc Interv Radiol.* 2001;12(11):1263–1271.

94. Defreyne L, Vanlangenhove P, Decruyenaere J, et al. Therapeutic embolization for acute upper gastrointestinal hemorrhage: results in 52 patients. *Acta Gastroenterol Belg.* 2001;64(1):6–12.

95. Ripoll C, Bañares R, Beceiro I, et al. Comparison of transcatheter arterial embolization and surgery for treatment of bleeding peptic ulcer after endoscopic treatment failure. *J Vasc Interv Radiol.* 2004;15(5):447–450.

96. Loffroy R, Rao P, Ota S, et al. Embolization in the management of gastrointestinal hemorrhage. *World J Gastroenterol.* 2012;18(11):1152–1163.

97. Beggs AD, Dilworth MP, Powell SL, Atherton H, Griffiths EA. A systematic review of transarterial embolization versus emergency surgery in treatment of major nonvariceal upper gastrointestinal bleeding. *Clin Exp Gastroenterol.* 2014;7:93–104.

98. Wong TC, Wong KT, Chiu PW, et al. A comparison of angiographic embolization with surgery after failed endoscopic hemostasis in bleeding peptic ulcers. *Gastrointest Endosc.* 2011;73(5):900–908.

99. Holster IL, Kuipers EJ. Management of acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: current policies and future perspectives. *World J Gastroenterol.* 2012;18(11):1202–1207.

100. Sung JJY, Kuipers EJ, El-Serag HB. Systematic review: the global incidence and prevalence of peptic ulcer disease. *Aliment Pharmacol Ther.* 2009;29(9):938–946.

101. Lau JYW, Barkun A, Fan DMY, Kuipers EJ, Yang YS, Chan FKL. Challenges in the management of acute peptic ulcer bleeding. *Lancet.* 2013;381(9882):2033–2043.

102. Hearnshaw SA, Logan RFA, Lowe D, Travis SPL, Murphy MF, Palmer KR. Acute upper gastrointestinal bleeding in the United Kingdom: patient characteristics, diagnoses and outcomes. *Gut.* 2011;60(10):1327–1335.

103. Stanley AJ, Laine L. Management of acute upper gastrointestinal bleeding. *BMJ.* 2019;364:l536.

104. Vergara M, Catalán M, Gisbert JP, Calvet X. Meta-analysis: role of Helicobacter pylori eradication in prevention of peptic ulcer rebleeding. *Aliment Pharmacol Ther.* 2005;21(7):791–799.

105. Green BT, Rockey DC, Portwood G, et al. Urgent colonoscopy for evaluation and management of acute lower gastrointestinal hemorrhage. *Am J Gastroenterol.* 2005;100(11):2395–2402.

106. Kim JH, Shin JH, Yoon HK, et al. Angiographically negative acute arterial upper and lower gastrointestinal bleeding: incidence, predictive factors, and clinical outcomes. *Korean J Radiol.* 2009;10(4):384–390.

107. Encarnacion CE, Kadir S, Beam CA, Payne CS. Gastrointestinal bleeding: treatment with gastrointestinal arterial embolization. *Radiology.* 1992;183(2):505–508.

108. Lang EV. Angiographic interventions in gastrointestinal bleeding. *Gastroenterol Clin North Am.* 2000;29(2):429–458.

109. Funaki B. Superselective embolization of upper gastrointestinal hemorrhage. *Semin Intervent Radiol.* 2004;21(3):173–180.

110. Maleux G, Roeflaer F, Heye S, et al. Long-term outcome of transcatheter embolotherapy for acute lower gastrointestinal hemorrhage. *Am J Gastroenterol.* 2009;104(8):2042–2046.

111. Loffroy R, Estivalet L, Cherblanc V, et al. Transcatheter arterial embolization for acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: indications, techniques and outcomes. *Diagn Interv Imaging.* 2015;96(7–8):731–744.

112. Jairath V, Kahan BC, Logan RFA, et al. Red blood cell transfusion practice in patients presenting with acute upper gastrointestinal bleeding. *Transfusion.* 2011;51(9):1949–1956.

113. Barkun A, Leontiadis GI, Kuipers EJ, et al. Acute upper gastrointestinal bleeding consensus recommendations. *Ann Intern Med.* 2010;152(2):101–113.

114. Sung JJY, Chiu PWY, Chan FKL, Lau JYW, Goh KL, Ho LH. Asia-Pacific working group consensus on non-variceal upper gastrointestinal bleeding: an update on management and endoscopic treatment strategies. *Gut.* 2018;67(10):1757–1768.

115. Camus M, Jensen DM, Kovacs TOG, Jensen ME, Ohning GV, Jutabha R. Independent risk factors of 30-day outcomes in patients with peptic ulcer bleeding receiving transcatheter arterial embolization after failed endoscopic hemostasis. *Gastrointest Endosc.* 2014;79(6):882–888.

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY AND LIPOSOMES FOR ENHANCING SPERM QUALITY AND CRYOPRESERVATION IN RUMINANTS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF STUDIES

Ali Soleimanzadeh[1]

[1] Urmia University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Theriogenology, Urmia, Iran.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1591-2198

Romina Safari[2]

[2]Urmia University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Theriogenology, Urmia, Iran.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-9157-4786

Hamidreza Ebrahimi[3]

[3]Urmia University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Theriogenology, Urmia, Iran.

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-3060-6911

Donya Ganji Motlagh[4]

[4]Urmia University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Theriogenology, Urmia, Iran.

[4]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-1208-6662

Abstract

Cryopreservation of semen is one of the most important assisted reproductive technologies in ruminants and plays a crucial role in artificial insemination (AI), genetic conservation, and livestock breeding programs. Despite its widespread application, the freeze–thaw process causes severe structural and functional damage to spermatozoa through oxidative stress, excessive generation of reactive oxygen species (ROS), lipid peroxidation, mitochondrial dysfunction, membrane destabilization, apoptosis, and DNA fragmentation. These alterations significantly reduce post-thaw sperm quality and fertility potential. During the last decade, nanotechnology has emerged as a promising strategy to minimize cryoinjuries and improve semen preservation outcomes. Nanoparticles and liposome-based delivery systems can encapsulate antioxidants, regulate their controlled release, enhance membrane interaction, and reduce cellular toxicity. This review comprehensively summarizes studies published between 2018 and 2026 regarding the application of nanotechnology and liposomes in semen cryopreservation of ruminants, including cattle, buffalo, sheep, and goats. Metallic nanoparticles such as selenium, zinc, silver, and copper oxide nanoparticles, as well as lipid-based nanocarriers including nanoliposomes and nanoemulsions, have demonstrated substantial improvements in sperm motility, viability, plasma membrane integrity, mitochondrial activity, antioxidant defense systems, and fertility rates. Propolis-loaded nanoliposomes, thymoquinone nanoparticles, lecithin nanoliposomes, and humic–zinc nanoparticles were among the most effective systems reported. Furthermore, liposome-based extenders have shown considerable potential as alternatives to conventional egg-yolk extenders, reducing biosecurity concerns and improving extender consistency. Although promising, challenges including nanoparticle toxicity, dosage optimization, scalability, biosafety, and lack of long-term in vivo studies still limit commercial application. Future perspectives include smart ROS-responsive nanocarriers, exosome-integrated delivery systems, and personalized nano-formulations for region-specific livestock breeding programs. Nanotechnology-based semen preservation strategies may significantly contribute to sustainable animal production, improved reproductive efficiency, and global food security.

Keywords: Sperm cryopreservation, Nanotechnology, Liposomes, Nanoliposomes, Ruminants, Oxidative stress, Artificial insemination, Fertility.

1. Introduction

Artificial insemination (AI) is one of the most influential reproductive biotechnologies in modern livestock production. The success of AI programs largely depends on the availability of high-quality cryopreserved semen from genetically superior sires. Semen cryopreservation enables long-term storage and worldwide transportation of valuable genetic materials, facilitates breeding management, accelerates genetic improvement, and supports biodiversity conservation in livestock species (Watson, 2000).

In ruminants such as cattle, buffalo, sheep, and goats, semen freezing is routinely used in commercial breeding systems and germplasm banks. However, despite decades of research, sperm cryopreservation still induces substantial cellular and molecular damage that compromises post-thaw fertility (Peris-Frau et al., 2020).

Spermatozoa are particularly susceptible to cryoinjury because their plasma membrane contains high levels of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and relatively low concentrations of cytoplasmic antioxidants (Aitken et al., 2020). During freezing and thawing, sperm cells undergo osmotic stress, intracellular ice crystal formation, lipid phase transition, mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and membrane destabilization (Yeste, 2016). These changes result in reduced motility, impaired membrane integrity, acrosomal disruption, apoptosis, and DNA fragmentation (Bucak et al., 2020).

Oxidative stress is considered one of the major causes of reduced sperm quality following cryopreservation. Excessive production of reactive oxygen species (ROS) initiates lipid peroxidation and damages proteins, nucleic acids, and mitochondrial membranes (Lenzi et al., 2018). Increased malondialdehyde (MDA) concentrations and decreased antioxidant enzyme activity are commonly observed after thawing (Silva et al., 2019). Consequently, numerous antioxidant supplementation strategies have been investigated to minimize cryodamage and improve semen preservation outcomes.

Conventional antioxidants including vitamin E, glutathione, melatonin, selenium, and herbal extracts have shown beneficial effects; however, their practical application is often limited by poor solubility, instability, inadequate bioavailability, and insufficient cellular targeting (Kadirvel et al., 2020). In recent years, nanotechnology has emerged as an innovative approach capable of overcoming many of these limitations.

Nanoparticles possess unique physicochemical properties including nanoscale size, large surface-area-to-volume ratio, enhanced bioactivity, and controlled release capacity (Ansari et al., 2021). These characteristics allow efficient delivery of antioxidants and bioactive molecules to sperm cells during cryopreservation. Nanotechnology-based semen extenders can reduce oxidative stress, stabilize sperm membranes, improve mitochondrial activity, and suppress apoptosis (Akhtar et al., 2022).

Among various nanocarriers, liposomes and nanoliposomes are particularly promising because they are highly biocompatible phospholipid vesicles structurally similar to biological membranes (Saadeldin et al., 2020). Liposomes can encapsulate both hydrophilic and lipophilic compounds, protect antioxidants from degradation, and improve interaction with sperm plasma membranes. Moreover, liposome-based extenders may serve as effective alternatives to traditional egg-yolk extenders, thereby reducing sanitary risks and improving extender standardization (Ghallab et al., 2024).

During recent years, substantial progress has been achieved in applying selenium nanoparticles, zinc nanoparticles, silver nanoparticles, propolis-loaded nanoliposomes, thymoquinone nanoparticles, lecithin nanoliposomes, and nanoemulsion systems for semen cryopreservation in ruminants (Abdelnour et al., 2023; Khalil et al., 2023). Nevertheless, available information remains fragmented and dispersed across multiple studies. Therefore, the aim of the present review is to comprehensively summarize and critically evaluate the current knowledge regarding the application of nanotechnology and liposome-based systems in semen cryopreservation of ruminants between 2018 and 2026. Particular emphasis is placed on mechanisms of cryodamage, antioxidant effects, membrane protection, fertility outcomes, practical applications, limitations, and future perspectives.

2. Mechanisms of Cryodamage in Ruminant Sperm

Cryopreservation exposes spermatozoa to a wide range of physical, osmotic, biochemical, and oxidative stresses that compromise sperm functionality and fertilizing potential (Watson, 2000). Understanding these mechanisms is essential for designing effective protective strategies and optimizing semen extenders.

2.1 Oxidative Stress and Reactive Oxygen Species

Reactive oxygen species are generated physiologically during sperm metabolism and participate in important reproductive processes such as capacitation and acrosome reaction (Aitken et al., 2020). However, excessive ROS production during cryopreservation results in oxidative stress and severe cellular damage. Major ROS include superoxide anion (O2−), hydroxyl radicals (OH•), and hydrogen peroxide (H2O2). These reactive molecules attack membrane phospholipids, proteins, and nucleic acids, leading to impaired sperm function (Lenzi et al., 2018).

Because sperm plasma membranes contain high concentrations of polyunsaturated fatty acids, they are extremely vulnerable to lipid peroxidation (Silva et al., 2019). Lipid peroxidation disrupts membrane fluidity and permeability, resulting in reduced motility and membrane instability. Malondialdehyde (MDA), one of the major end-products of lipid peroxidation, is widely used as a biomarker of oxidative damage in cryopreserved semen samples. ROS also impair mitochondrial membranes and reduce ATP production necessary for sperm motility. Additionally, oxidative stress contributes to DNA fragmentation and chromatin instability, which negatively affect embryo development and fertility (Bucak et al., 2020).

2.2 Osmotic Stress and Ice Crystal Formation

During freezing, extracellular ice crystals form first, causing increased solute concentration in the remaining unfrozen medium. This creates osmotic imbalance and forces water to move out of sperm cells, leading to cellular dehydration (Watson, 2000). Rapid cooling or improper thawing may also promote intracellular ice crystal formation, which mechanically damages cellular organelles and membranes. Excessive osmotic stress disrupts ion homeostasis and alters membrane permeability, ultimately reducing sperm viability.

2.3 Membrane Phase Transition and Cold Shock

Cold shock is one of the most detrimental consequences of semen cryopreservation, particularly in ruminants. Temperature reduction induces phase transitions in membrane phospholipids, changing the membrane from a fluid to a gel-like state (Peña et al., 2019). This alteration decreases membrane flexibility and increases susceptibility to rupture. Ram and buck sperm are particularly sensitive to cold shock because their plasma membranes contain larger amounts of unsaturated fatty acids compared with bull sperm (Yeste, 2016). Membrane destabilization affects ion channels, membrane-bound enzymes, receptor proteins, and acrosomal integrity, ultimately impairing fertilization ability.

2.4 Mitochondrial Dysfunction and Apoptosis

Mitochondria play a fundamental role in sperm motility because they produce ATP through oxidative phosphorylation. Cryopreservation-induced oxidative stress damages mitochondrial membranes and disrupts electron transport chains, resulting in decreased ATP synthesis and impaired sperm movement (Bucak et al., 2020). Mitochondrial dysfunction also activates apoptotic pathways. Excessive ROS production increases mitochondrial membrane permeability and promotes the release of cytochrome c into the cytoplasm, which subsequently activates caspase-dependent apoptosis (Aitken et al., 2020). Several studies have demonstrated increased expression of pro-apoptotic markers such as Bax and Caspase-3 and decreased expression of anti-apoptotic proteins such as Bcl-2 after semen freezing

(Abdelnour et al., 2023). Activation of apoptosis significantly reduces sperm viability and fertilizing ability.

2.5 DNA Fragmentation and Acrosomal Damage

DNA integrity is essential for successful fertilization and normal embryo development. Oxidative stress during cryopreservation can induce single-strand and double-strand DNA breaks, chromatin destabilization, and DNA fragmentation (Peris-Frau et al., 2020). In addition, cryopreservation may destabilize acrosomal membranes and trigger premature acrosome reactions. Since the acrosome contains enzymes necessary for oocyte penetration, acrosomal damage severely compromises fertilization capacity (Yeste, 2016). Because cryodamage affects multiple cellular structures simultaneously, development of multifunctional protective systems has become increasingly important. Nanotechnology-based extenders have emerged as promising tools capable of targeting several mechanisms of cryoinjury at the same time.

3. Nanotechnology in Ruminant Semen Cryopreservation

Nanotechnology refers to the manipulation and application of materials at nanoscale dimensions, generally between 1 and 100 nanometers. Nanoparticles possess unique physicochemical properties including ultra-small size, high surface-area-to-volume ratio, enhanced reactivity, and controlled release capability (Ansari et al., 2021). These properties make nanotechnology highly attractive in reproductive biotechnology and semen preservation. Nanoparticles can improve antioxidant delivery, stabilize sperm membranes, reduce oxidative stress, and enhance cryosurvival of spermatozoa (Akhtar et al., 2022).

Different nanotechnology systems have been investigated in ruminant semen cryopreservation, including:

- Metallic nanoparticles
- Polymeric nanoparticles
- Liposomes and nanoliposomes
- Nanoemulsions
- Exosome-related nanocarriers

Among these systems, antioxidant-loaded nanoparticles and liposomes have shown the greatest potential for improving post-thaw sperm quality.

3.1 Metallic and Polymeric Nanoparticles

3.1.1 Selenium Nanoparticles (SeNPs)

Selenium is an essential trace element involved in antioxidant defense and sperm metabolism. It acts mainly through glutathione peroxidase (GPx), an important antioxidant enzyme that neutralizes hydrogen peroxide and lipid hydroperoxides (Ahmed et al., 2021). Compared with conventional selenium compounds, selenium nanoparticles exhibit higher bioavailability, improved cellular penetration, and lower toxicity (Akhtar et al., 2022). Several studies have demonstrated beneficial effects of SeNP supplementation in bull and ram semen extenders.

Supplementation with selenium nanoparticles significantly improved:

- Total motility
- Progressive motility
- Plasma membrane integrity
- Mitochondrial activity

- Viability after thawing

Additionally, SeNP-treated samples showed lower MDA concentrations and increased antioxidant enzyme activity, including GPx and superoxide dismutase (SOD) (Ahmed et al., 2021). The protective effects of selenium nanoparticles are primarily attributed to enhanced ROS scavenging and preservation of mitochondrial function.

3.1.2 Zinc and Humic–Zinc Nanoparticles

Zinc is an essential micronutrient involved in chromatin stabilization, antioxidant protection, and regulation of sperm metabolism. Zinc deficiency is associated with impaired spermatogenesis and reduced sperm quality (Kadirvel et al., 2020).

Recent studies investigated the use of humic–zinc nanoparticles in bovine semen cryopreservation. Alfattah et al. (2025) reported that supplementation with approximately 20 µg/mL humic–zinc nanoparticles significantly improved:

- Total and progressive motility
- Viability
- Plasma membrane integrity
- CASA kinematic parameters
- Antioxidant enzyme activity

Furthermore, treated samples exhibited lower levels of oxidative stress markers such as MDA and reduced expression of inflammatory mediators including NF-κB (Alfattah et al., 2025). Humic substances may additionally enhance mineral bioavailability and reduce nanoparticle toxicity, thereby improving overall sperm cryotolerance.

3.1.3 Silver Nanoparticles (AgNPs)

Silver nanoparticles are widely recognized for their potent antimicrobial properties. During semen collection and processing, bacterial contamination may reduce sperm quality and increase oxidative stress. Incorporation of AgNPs into semen extenders may therefore help reduce microbial growth (El-Sheshtawy et al., 2021). At low concentrations, silver nanoparticles may also exert antioxidant effects and improve semen preservation. However, their biological effects are strongly dose-dependent. Excessive AgNP concentrations can induce oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and membrane damage (Ansari et al., 2021). Therefore, careful optimization of silver nanoparticle dosage is critical to avoid cytotoxicity.

3.1.4 Copper Oxide and Quercetin-Coated Nanoparticles

Copper and zinc oxide nanoparticles coated with quercetin have recently shown promising effects in ram semen cryopreservation. Quercetin is a potent flavonoid antioxidant capable of neutralizing free radicals and suppressing lipid peroxidation.

Studies demonstrated that quercetin-coated CuO–ZnO nanoparticles significantly improved:

116. Sperm motility
117. Viability
118. Membrane integrity
119. Acrosomal integrity
120. Antioxidant capacity

while reducing sperm abnormalities and oxidative damage (Akhtar et al., 2022). The synergistic combination of trace elements and flavonoid antioxidants appears highly effective in reducing cryoinjury.

3.2 Liposomes and Nanoliposomes

Liposomes are spherical vesicles composed of phospholipid bilayers capable of encapsulating hydrophilic and lipophilic compounds. Because of their structural similarity to biological membranes, liposomes are highly biocompatible and exhibit low toxicity (Saadeldin et al., 2020).

Nanoliposomes are nanosized liposomal vesicles with improved stability, increased surface area, and enhanced membrane interaction compared with conventional liposomes. These systems are among the most promising nanocarriers in semen cryopreservation.

Liposomes perform several protective functions during freezing and thawing, including:

121. Membrane stabilization
122. Controlled antioxidant delivery
123. Prevention of lipid peroxidation
124. Reduction of osmotic stress
125. Improvement of membrane fluidity

In addition, liposome-based extenders may replace egg yolk, thereby improving biosecurity and standardization of semen preservation media (Ghallab et al., 2024).

3.2.1 Liposomes as Alternatives to Egg Yolk

Egg yolk has long been used in semen extenders because its phospholipids and low-density lipoproteins protect sperm membranes during freezing. Nevertheless, egg yolk presents several disadvantages including:

126. Risk of pathogen transmission
127. Microbial contamination
128. Batch variability
129. Difficulty in extender standardization
130. Interference with sperm analysis methods

Liposome-based extenders overcome many of these problems because they utilize purified phospholipids and provide more reproducible membrane protection (Saadeldin et al., 2020). Lecithin-derived liposomes have demonstrated favorable results in bull, ram, and buck semen cryopreservation. These liposomes integrate into sperm plasma membranes and help maintain membrane fluidity during cooling and freezing (Ghallab et al., 2024).

3.2.2 Propolis-Loaded Nanoliposomes

One of the most important recent developments in semen cryobiology is the use of propolis-loaded nanoliposomes (PRNLs). Propolis is a natural bee-derived resin rich in flavonoids, phenolic compounds, and antioxidant molecules.

Abdelnour et al. (2023) investigated the effects of PRNL supplementation in buffalo semen extenders. Their findings showed that supplementation with 2–4 µg/mL PRNLs significantly improved:

131. Total and progressive motility

132. Viability
133. Plasma membrane integrity
134. Acrosomal integrity
135. Mitochondrial activity

Moreover, PRNL-treated semen samples exhibited significantly lower ROS and MDA concentrations as well as reduced expression of apoptotic markers including Bax and Caspase-3 (Abdelnour et al., 2023).

Transmission electron microscopy also revealed superior preservation of sperm ultrastructure and mitochondrial organization in treated groups.

The beneficial effects of PRNLs are mainly attributed to:

136. Controlled antioxidant release
137. Enhanced cellular uptake
138. Membrane stabilization
139. Suppression of oxidative stress and apoptosis

3.2.3 Thymoquinone Nanoparticles

Thymoquinone (TQ), the major bioactive component of *Nigella sativa* (black seed), possesses strong antioxidant, anti-inflammatory, and anti-apoptotic properties. However, the practical application of free thymoquinone is limited because of its poor water solubility and low bioavailability (Khalil et al., 2023). Nanoencapsulation of thymoquinone significantly improves its stability and delivery efficiency during semen cryopreservation. Khalil et al. (2023) evaluated the effects of thymoquinone nanoparticles (TQNPs) in buffalo semen extenders and observed substantial improvements in post-thaw semen quality.

Supplementation with 25–50 µg/mL TQNPs significantly enhanced:

140. Progressive motility
141. Viability
142. Plasma membrane integrity
143. Total antioxidant capacity (TAC)
144. Mitochondrial activity

In contrast, oxidative stress indicators including hydrogen peroxide (H2O2) and MDA concentrations were significantly reduced (Khalil et al., 2023). Importantly, fertility trials demonstrated that buffaloes inseminated with TQNP-treated semen exhibited markedly higher pregnancy rates compared with controls. Fertility increased from approximately 72% in the control group to nearly 88% in treated groups (Khalil et al., 2023). These findings highlight the practical importance of nano-antioxidant systems in commercial breeding programs.

3.2.4 Lecithin Nanoliposomes

Soybean lecithin-based nanoliposomes are among the most commonly investigated egg-yolk substitutes in semen extenders. Lecithin phospholipids can incorporate into sperm membranes and reduce membrane phase transition during temperature fluctuations (Ghallab et al., 2024).

Studies conducted in ram and goat semen demonstrated that lecithin nanoliposomes significantly improved:

145. Post-thaw motility
146. Viability
147. Plasma membrane integrity
148. Mitochondrial activity
149. Acrosomal preservation

Additionally, lecithin nanoliposomes reduced lipid peroxidation and maintained membrane fluidity more effectively than conventional extenders (Saadeldin et al., 2020). Because soybean lecithin is plant-derived, its use also minimizes sanitary concerns associated with animal-origin products.

3.2.5 Nanoemulsions and Essential Oil-Based Nanocarriers

Nanoemulsions are nanoscale dispersions composed of oil and water phases stabilized by surfactants. Due to their small droplet size and enhanced stability, nanoemulsions improve the bioavailability of hydrophobic compounds such as essential oils and plant-derived antioxidants (El-Seadawy et al., 2024).

Essential oils possess potent antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities. Several recent studies have investigated thyme essential oil nanoemulsions in ram semen preservation.

Results demonstrated that nanoemulsion supplementation improved:

150. Sperm motility
151. Membrane integrity
152. Protein preservation
153. Glucose metabolism
154. Antioxidant status

while significantly reducing MDA levels and oxidative stress markers (El-Seadawy et al., 2024). Nanoemulsions may therefore provide highly efficient delivery systems for natural antioxidants in semen extenders.

Table 1. Major Studies on Nanotechnology and Liposomes in Ruminant Semen Cryopreservation

Year	Species	Nanotechnology System	Optimal Dose	Main Findings	Reference
2023	Buffalo	Propolis-loaded nanoliposomes	2–4 µg/mL	↑ Motility, viability, membrane integrity; ↓ ROS, MDA, apoptosis	Abdelnour et al., 2023
2023	Buffalo	Thymoquinone nanoparticles	25–50 µg/mL	↑ TAC, fertility, motility; ↓ oxidative stress	Khalil et al., 2023
2025	Bull	Humic–zinc nanoparticles	20 µg/mL	↑ Motility, SOD, viability; ↓ NF-κB and apoptosis	Alfattah et al., 2025
2024	Ram	Lecithin nanoliposomes	Variable	Improved membrane protection and cryotolerance	Ghallab et al., 2024
2024	Ram	Thyme oil nanoemulsion	Variable	↓ MDA; ↑ antioxidant activity	El-Seadawy et al., 2024
2021	Bull	Selenium nanoparticles	1–2 µg/mL	↑ GPx activity and membrane integrity	Ahmed et al., 2021
2020–2026	Ruminants	General liposome systems	—	Alternative to egg-yolk extenders	Saadeldin et al., 2020

4. Biological Mechanisms of Nanoparticle Action

Nanotechnology-based systems improve sperm cryosurvival through several interconnected biological mechanisms.

4.1 Antioxidant Delivery and Controlled Release

Encapsulation of antioxidants within nanoparticles protects bioactive molecules from premature degradation and allows gradual release during cooling, freezing, and thawing (Akhtar et al., 2022).

Compared with free antioxidants, nanoencapsulated compounds exhibit:

155. Improved stability
156. Enhanced bioavailability
157. Better cellular penetration
158. Reduced toxicity
159. Sustained antioxidant activity

These advantages significantly improve ROS scavenging efficiency during cryopreservation.

4.2 Membrane Stabilization

Liposomes and phospholipid nanoparticles can integrate into sperm plasma membranes and preserve membrane fluidity during temperature changes (Saadeldin et al., 2020).

Membrane stabilization reduces:

160. Osmotic injury
161. Membrane rupture
162. Leakage of intracellular components
163. Premature acrosome reaction

As a result, sperm functionality after thawing is substantially improved.

4.3 Improvement of Mitochondrial Function

Mitochondria are highly sensitive to oxidative stress and play a central role in sperm motility. Nanoparticles reduce mitochondrial ROS accumulation and preserve mitochondrial membrane potential, thereby maintaining ATP production (Ahmed et al., 2021).

Several studies reported significantly higher mitochondrial activity and ATP availability in nanoparticle-treated semen samples compared with controls.

4.4 Anti-Apoptotic Effects

Cryopreservation activates apoptotic pathways in spermatozoa. Nanotechnology-based antioxidants suppress apoptosis through:

164. Reduction of Bax expression
165. Inhibition of Caspase-3 activation
166. Increased Bcl-2 activity
167. Prevention of cytochrome c release

Consequently, sperm survival and fertilizing capacity are significantly improved (Abdelnour et al., 2023).

5. Clinical and Practical Applications

5.1 Improvement of Artificial Insemination Outcomes

The primary objective of semen cryopreservation is to maximize fertility after artificial insemination. Improvements in post-thaw sperm quality directly contribute to higher conception rates and reproductive efficiency (Peris-Frau et al., 2020).

Studies involving thymoquinone nanoparticles and propolis-loaded nanoliposomes demonstrated significant enhancement of fertility outcomes in buffalo AI programs (Khalil et al., 2023; Abdelnour et al., 2023).

These findings suggest that nanotechnology may substantially improve the success of commercial breeding systems.

5.2 Biosecurity Advantages

Traditional extenders containing egg yolk or milk products may introduce microbial contamination and zoonotic pathogens. Liposome-based extenders reduce these risks because they use purified phospholipids instead of raw animal-derived materials (Saadeldin et al., 2020).

Improved biosecurity is particularly important in:

168. International semen trade
169. Germplasm banks
170. High-value breeding programs

5.3 Application in Heat-Stressed Regions

Heat stress negatively affects semen quality in many tropical and semi-arid regions. Elevated temperatures increase oxidative stress and reduce sperm motility and fertility in ruminants (Bucak et al., 2020).

Nano-antioxidant systems may provide valuable protection against heat-induced oxidative damage in local breeds such as:

4. Holstein cattle
5. Buffalo
6. Lori-Bakhtiari sheep
7. Indigenous goat breeds

This application may be especially beneficial in developing countries facing climate-related reproductive challenges.

5.4 Genetic Conservation and Sustainable Livestock Production

Cryopreservation is essential for preserving valuable animal genetics and endangered breeds. Nanotechnology-based semen extenders can improve post-thaw sperm survival and increase the efficiency of genetic conservation programs (Peris-Frau et al., 2020).

Improved semen quality contributes to:

171. Higher reproductive efficiency
172. Reduced insemination costs
173. Better genetic dissemination
174. Sustainable livestock production systems

These advantages are highly relevant to global food security and animal production sustainability.

6. Challenges and Limitations

Despite promising results, several important limitations still restrict the commercial application of nanotechnology in semen cryopreservation.

6.1 Nanoparticle Toxicity

The biological effects of nanoparticles are highly dose-dependent. Although low concentrations may improve sperm function, excessive nanoparticle exposure can induce oxidative stress, mitochondrial dysfunction, membrane damage, and DNA fragmentation (Ansari et al., 2021). For example, high concentrations of silver nanoparticles may become cytotoxic, while excessive selenium exposure may disrupt cellular metabolism. Therefore, accurate dose optimization is essential before routine application.

6.2 Lack of Standardized Protocols

Considerable variability exists among studies regarding:

1. Nanoparticle type
2. Particle size
3. Dosage
4. Extender composition
5. Freezing methods
6. Species-specific responses

This heterogeneity limits reproducibility and complicates comparison between studies.

Standardized cryopreservation protocols are urgently needed.

6.3 Limited In Vivo Fertility Data

Most studies focus mainly on laboratory sperm parameters such as motility, viability, and membrane integrity. However, relatively few investigations evaluate actual fertility outcomes after artificial insemination (Peris-Frau et al., 2020).

Large-scale field trials are required to confirm whether laboratory improvements consistently translate into higher pregnancy rates and healthy offspring production.

7. Future Perspectives

Future advances in reproductive nanotechnology may include:

6. Smart ROS-responsive nanocarriers
7. Exosome-liposome hybrid systems

8. Magnetic nanoparticle-assisted sperm selection
9. Personalized nano-formulations based on breed characteristics
10. Integration with genomic and epigenetic studies

These innovative approaches may revolutionize semen cryobiology and livestock breeding in the coming decades (Saadeldin et al., 2020).

Conclusion

Cryopreservation remains an indispensable biotechnology in modern livestock breeding and genetic conservation programs. Nevertheless, conventional freezing procedures induce substantial oxidative and structural damage to spermatozoa, resulting in reduced fertility after thawing. Recent advances in nanotechnology, particularly nanoparticles, liposomes, nanoliposomes, and nanoemulsions, have provided highly promising strategies for improving semen cryosurvival in ruminants. Studies conducted between 2018 and 2026 consistently demonstrate that nano-formulated antioxidants such as selenium nanoparticles, thymoquinone nanoparticles, humic–zinc nanoparticles, and propolis-loaded nanoliposomes significantly enhance sperm motility, membrane integrity, antioxidant defense systems, mitochondrial function, and fertility outcomes. Liposome-based extenders also represent effective alternatives to traditional egg-yolk extenders by improving biosecurity and extender standardization. Although challenges related to toxicity, standardization, biosafety, and commercialization remain unresolved, current evidence strongly supports the future integration of nanotechnology into commercial semen preservation systems.

Further investigations focusing on in vivo fertility trials, smart delivery systems, and industrial-scale applications are required to fully realize the potential of nanotechnology in reproductive biotechnology and sustainable livestock production.

References

1. Ahmed H, El-Sherry TM, Abdelgawad M. Selenium nanoparticles improve mitochondrial activity and antioxidant defense in cryopreserved bull semen. *Andrologia*. 2021;53(4):e13942.
2. Aitken RJ, Gibb Z, Baker MA, Drevet J, Gharagozloo P. Causes and consequences of oxidative stress in spermatozoa. *Reproduction, Fertility and Development*. 2020;32(1):1–10.
3. Akhtar MF, Hanif A, Javed MT, et al. Effect of sperm cryopreservation in farm animals using nanotechnology. *Animals*. 2022;12(4):521.
4. Alfattah MG, El-Sherbiny HR, Elkomy A, et al. Humic-zinc nanoparticles improve bovine semen cryopreservation through modulation of oxidative stress and apoptosis pathways. *Animals*. 2025;15(2):311.
5. Ansari MS, Rakha BA, Andrabi SMH, et al. Role of nanotechnology in animal reproduction and semen preservation. *Journal of Nanobiotechnology*. 2021;19:396.
6. Abdelnour SA, Swelum AA, Salama A, et al. Propolis-loaded nanoliposomes improve the quality, ultrastructure, and fertility of cryopreserved buffalo semen. *Scientific Reports*. 2023;13:11782.
7. Bucak MN, Başpınar N, Tuncer PB, et al. Effects of oxidative stress on spermatozoa and antioxidant approaches during semen cryopreservation. *Theriogenology*. 2020;150:71–80.
8. El-Seadawy IE, Abdel-Khalek AE, El-Harairy MA, et al. Thyme essential oil nanoemulsion improves quality and antioxidant status of cryopreserved ram semen. *Cryobiology*. 2024;116:45–53.
9. El-Sheshtawy RI, El-Nattat WS, Sabra HA, et al. Applications of nanoparticles in semen preservation and reproductive biotechnology. *Cryobiology*. 2021;101:1–10.

10. Ghallab AM, El-Shahat KH, El-Harairy MA, et al. Lecithin nanoliposomes as efficient substitutes for egg yolk in ram semen cryopreservation. *Small Ruminant Research*. 2024;231:107193.

11. Kadirvel G, Kumar S, Kumaresan A. Lipid peroxidation, mitochondrial dysfunction, and antioxidant supplementation in sperm cryopreservation. *Veterinary Medicine International*. 2020;2020:1–12.

12. Khalil WA, El-Harairy MA, Abdel-Khalek AE, et al. Thymoquinone nanoparticles enhance post-thaw quality and fertility of buffalo semen. *Theriogenology*. 2023;205:72–81.

13. Lenzi A, Gandini L, Maresca V, et al. Reactive oxygen species and sperm function: Molecular mechanisms and implications in male infertility. *International Journal of Andrology*. 2018;41(2):95–104.

14. Partyka A, Nizański W, Łukaszewicz E. The effect of antioxidants on post-thaw semen quality and fertility. *Reproductive Biology*. 2019;19(2):89–97.

15. Peña FJ, Plaza Dávila M, Ball BA. Sperm membrane structure and function during cryopreservation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2019;7:198.

16. Peris-Frau P, Soler AJ, Iniesta-Cuerda M, et al. Opportunities and challenges of sperm cryopreservation in livestock species. *Animals*. 2020;10(6):938.

17. Saadeldin IM, Abdelrahman AS, Ba-Awadh H, et al. The current trends in using nanoparticles, liposomes, and exosomes for semen cryopreservation. *Animals*. 2020;10(10):1811.

18. Silva EC, Cajueiro JFP, Silva SV, et al. Oxidative stress and antioxidant systems in cryopreserved spermatozoa. *Animal Reproduction Science*. 2019;209:106172.

19. Watson PF. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Animal Reproduction Science*. 2000;60–61:481–492.

20. Yeste M. Sperm cryopreservation update: Cryodamage, markers, and factors affecting the sperm freezability in livestock species. *Theriogenology*. 2016;85(1):47–64.

21. Zhang X, Hong J, Yan G, et al. Protective effects of nano-antioxidants on sperm preservation and fertility outcomes in farm animals. *Nanomedicine*. 2022;39:102463.

22. Rahman MB, Schellander K, Luceno NL, Van Soom A. Heat stress responses in spermatozoa and the role of antioxidants in semen preservation. *Reproduction in Domestic Animals*. 2021;56(6):785–797.

23. Amidi F, Pazhohan A, Shabani Nashtaei M, et al. Role of liposomes in reproductive medicine and sperm cryobiology. *Cell and Tissue Banking*. 2021;22(3):453–468.

24. Ibtisham F, Nawab A, Zhao Y, et al. Nanoparticles and male reproduction: Biological impacts and applications. *Theriogenology*. 2020;150:247–256.

25. Chauhan A, Samanta L. Cryopreservation-induced oxidative stress in animal sperm and current antioxidant strategies. *CryoLetters*. 2020;41(3):154–163.

26. El-Khawagah ARM, Kandiel MMM, Sosa GA, et al. Nanotechnology applications in buffalo reproduction and semen preservation. *Buffalo Bulletin*. 2023;42(1):55–69.

27. Shahzad Q, Mehmood MU, Khan H, et al. Nano-formulated antioxidants improve post-thaw sperm quality in ruminants. *Animals*. 2022;12(18):2410.

28. Kumar A, Prasad JK, Srivastava N, et al. Advances in semen extender technologies for bovine sperm cryopreservation. *Animal Biotechnology*. 2021;32(5):573–586.

29. Zhandi M, Towhidi A, Sharafi M, et al. Antioxidant supplementation and sperm cryotolerance in ruminants. *Veterinary Research Communications*. 2019;43(2):57–71.

30. Sharafi M, Zhandi M, Shahverdi A, et al. Improvement of ram semen cryopreservation using nano-antioxidant systems. *Cryobiology*. 2022;104:84–92.

ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES AND PERSONALIZED EDUCATION FOR CHILDREN IN THE DIGITAL AGE

Moses Adeolu AGOI[1]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

ORCID ID: 0000-0002-8910-2876

Victor Oluwapelumi OGONGO[2]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Olajuwon Victor OLAYINKA[3]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Samuel Olayiwola AJAGA[4]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Abstract

The rapid advancement of digital technologies has significantly transformed educational systems across the world, creating unprecedented opportunities for more individualized, flexible, and effective learning experiences for children. In the digital age, traditional one-size-fits-all instructional methods are increasingly being replaced by adaptive learning technologies that personalize educational content according to the unique needs, abilities, and learning styles of individual learners. These technologies are powered by artificial intelligence (AI), machine learning, and educational data mining, and learning analytics, enabling educational platforms to continuously monitor student progress and provide customized learning pathways in real time. By analysing learners' behaviours, academic performance patterns, cognitive abilities, emotional responses, and engagement levels, adaptive systems can modify instructional materials, assessments, pacing, and feedback to enhance learning effectiveness and student participation. Adaptive learning technologies have become central to contemporary educational innovation because they support learner-centred education and competency-based learning. Intelligent tutoring systems, AI-driven educational applications, gamified learning platforms, and adaptive educational software help improve student motivation, academic achievement, critical thinking, and retention of knowledge. These technologies also promote inclusive education by accommodating children with diverse learning needs, including students with disabilities and varying cognitive abilities. Furthermore, adaptive learning environments encourage self-paced learning and independent problem-solving skills, thereby fostering greater learner autonomy and confidence. This paper explores the role of adaptive learning technologies in enhancing personalized education for children in the digital era. The study examines the pedagogical foundations of adaptive learning, including constructivist learning theory, differentiated instruction, and learner-centred teaching approaches. It also investigates major implementation challenges such as digital inequality, inadequate technological infrastructure, data privacy concerns, algorithmic bias, and insufficient teacher preparedness. Findings from recent studies indicate that adaptive learning systems significantly improve educational outcomes by delivering targeted instructional support and personalized learning experiences. The paper concludes that adaptive learning technologies represent a transformative innovation capable of reshaping modern education and recommends stronger investment in digital infrastructure, teacher training, ethical AI governance, and inclusive educational policies to maximize their long-term benefits for children globally.

Keyword: Adaptive Learning Technologies; Artificial Intelligence in Education; Digital Education; Personalized Learning.

INTRODUCTION

The digital revolution has fundamentally transformed nearly every sector of modern society, including

healthcare, communication, commerce, governance, entertainment, and education. Advances in information and communication technologies (ICTs), artificial intelligence (AI), cloud computing, big data analytics, and mobile technologies have reshaped how individuals interact, work, and learn. Within the educational sector, digital transformation has created new opportunities for improving instructional delivery, learner engagement, knowledge accessibility, and educational management. Educational institutions around the world increasingly integrate digital technologies into teaching and learning processes to enhance academic performance and address the evolving learning needs of students in the twenty-first century. One of the most significant innovations emerging from this transformation is adaptive learning technology, which applies artificial intelligence, machine learning, educational data mining, and learning analytics to provide personalized learning experiences tailored to individual learners. Adaptive learning systems are designed to analyse students' behaviours, learning patterns, academic performance, cognitive abilities, and preferences in real time. Based on this analysis, these systems dynamically modify instructional content, learning pace, assessments, feedback mechanisms, and learning pathways to suit the unique needs of each learner. Unlike traditional educational models that often deliver the same instructional content uniformly to all students regardless of their abilities or learning styles, adaptive learning technologies seek to create learner-centred environments where educational experiences are customized and responsive. Through continuous monitoring and intelligent analysis of learner interactions, adaptive systems can identify knowledge gaps, predict learning difficulties, and recommend targeted interventions to improve understanding and retention. Traditional classroom instruction has long relied on standardized teaching methods and fixed curricular structures that may not effectively accommodate the diverse learning characteristics of children. Students differ significantly in intelligence, motivation, cultural background, emotional development, learning speed, comprehension levels, interests, and cognitive styles. Some children may quickly grasp complex concepts, while others require repeated explanations, additional examples, or alternative instructional strategies to understand the same material. Consequently, uniform instructional approaches often result in unequal learning outcomes, reduced classroom participation, academic frustration, and declining student motivation. In many educational systems, slower learners may struggle to keep pace with the curriculum, while advanced learners may become disengaged due to insufficient intellectual stimulation. Personalized education seeks to overcome these limitations by tailoring teaching strategies, learning materials, assessments, and instructional pacing to meet individual students' strengths, weaknesses, and preferences. Adaptive learning technologies facilitate this personalization process by collecting and analysing learner data continuously to optimize educational delivery. These systems use sophisticated algorithms to determine the most suitable content, learning activities, and instructional interventions for each learner. For example, if a child demonstrates difficulty understanding mathematical concepts, an adaptive learning platform may automatically provide simpler exercises, visual demonstrations, interactive simulations, or additional practice questions to strengthen comprehension before advancing to more complex topics. Conversely, students who demonstrate mastery may receive advanced content or accelerated learning pathways to maintain engagement and intellectual growth. The emergence of intelligent tutoring systems, AI-powered educational platforms, virtual learning assistants, and gamified educational applications has accelerated the adoption of adaptive learning technologies in both primary and secondary education. Intelligent tutoring systems simulate one-on-one tutoring experiences by providing real-time guidance, hints, explanations, and corrective feedback based on students' responses and progress. AI-driven educational platforms such as Khan Academy, Duolingo, and DreamBox Learning utilize adaptive algorithms to personalize educational experiences according to learner performance and engagement patterns. These platforms can identify areas where learners struggle, recommend customized learning activities, and provide immediate feedback to improve knowledge acquisition and retention. Gamified learning applications further enhance engagement by incorporating rewards, badges,

leader boards, challenges, and interactive storytelling into educational experiences, thereby increasing children's motivation and participation. Research increasingly demonstrates that adaptive learning technologies positively influence academic achievement, learner engagement, critical thinking, and self-directed learning among children. Personalized educational systems allow learners to progress at their own pace, thereby reducing anxiety and improving confidence. Students are more likely to remain motivated when learning experiences align with their abilities, interests, and developmental levels. Furthermore, adaptive learning environments support differentiated instruction, enabling teachers to address diverse classroom needs more effectively. These technologies are also particularly beneficial for inclusive education because they can accommodate learners with disabilities, learning difficulties, or special educational needs through customized instructional support and accessibility features. The COVID-19 pandemic significantly accelerated the adoption of digital learning technologies worldwide. During the pandemic, widespread school closures disrupted traditional classroom instruction and forced educational institutions to transition rapidly toward online and remote learning environments. This unprecedented disruption exposed weaknesses in many educational systems while simultaneously highlighting the importance of flexible, accessible, and personalized digital learning solutions. Adaptive learning technologies became especially valuable during this period because they enabled students to continue learning independently despite limited face-to-face teacher interaction. Schools, governments, and educational technology providers increasingly invested in AI-powered learning platforms, virtual classrooms, and digital assessment systems to maintain educational continuity during lockdowns and social distancing measures. As educational institutions continue transitioning toward hybrid learning and technology-enhanced pedagogical models, adaptive learning technologies are becoming increasingly central to contemporary educational practice. Hybrid education combines traditional classroom instruction with digital learning environments, enabling students to benefit from both face-to-face interaction and personalized online learning experiences. In this evolving educational landscape, adaptive learning systems help teachers monitor student progress more efficiently, identify struggling learners early, and provide targeted interventions. Learning analytics generated by adaptive platforms also support data-driven decision-making, enabling educators and administrators to improve curriculum design, instructional strategies, and educational outcomes. Despite their numerous advantages, adaptive learning technologies also present significant ethical, technical, social, and pedagogical challenges. One major concern is the digital divide, which refers to unequal access to digital technologies, internet connectivity, and technological infrastructure. In many developing regions and low-income communities, limited access to computers, reliable electricity, and high-speed internet restricts children's ability to benefit from adaptive learning systems. Consequently, digital inequality may widen educational disparities between socio-economic groups rather than reduce them. Another major challenge involves data privacy and cybersecurity concerns. Adaptive learning systems collect large amounts of sensitive student data, including academic records, behavioural information, cognitive profiles, and interaction patterns. Improper handling of this data may expose children to privacy violations, cyberattacks, identity theft, or unauthorized surveillance. Ethical concerns also arise regarding algorithmic bias, as AI systems trained on incomplete or biased datasets may unintentionally discriminate against certain groups of learners based on gender, socio-economic background, language, or cultural context. Biased algorithms may reinforce educational inequalities and negatively affect learning recommendations or assessment outcomes. Teacher preparedness and professional development also remain critical challenges in implementing adaptive learning technologies effectively. Many educators lack adequate digital literacy skills or training in integrating AI-driven educational tools into classroom instruction. Resistance to technological change, fear of job displacement, and limited institutional support may further hinder adoption. Additionally, excessive dependence on digital learning systems may reduce meaningful human interaction, emotional support, and collaborative learning experiences that are essential for children's social and emotional development. While AI technologies can personalize academic instruction, they cannot fully replace the empathy, mentorship, and interpersonal relationships provided by teachers and caregivers. This paper explores the role of adaptive learning technologies in promoting personalized education for children in the digital age. The study examines the theoretical foundations, technological mechanisms, educational benefits, and implementation challenges associated with adaptive learning systems. It further investigates how artificial intelligence, machine learning, learning analytics, and gamified educational platforms

contribute to learner-centred instruction, academic achievement, and inclusive education. Additionally, the paper highlights emerging trends and future directions in AI-driven personalized education, emphasizing the need for ethical governance, equitable access, teacher empowerment, and child-centred digital learning frameworks. Ultimately, adaptive learning technologies have the potential to transform global education by creating more flexible, inclusive, efficient, and personalized learning environments capable of meeting the diverse educational needs of children in the twenty-first century.

LITERATURE REVIEW

Concept of Adaptive Learning Technologies

Adaptive learning technologies refer to intelligent digital educational systems that dynamically modify instructional content, assessment methods, and learning pathways according to students' academic performance, learning preferences, cognitive abilities, and behavioural patterns. These technologies are increasingly transforming modern education by enabling personalized learning experiences that address the diverse educational needs of learners. Unlike conventional classroom instruction, where all students are exposed to uniform teaching strategies regardless of individual differences, adaptive learning systems continuously analyse learner data in real time and adjust instructional delivery to optimize learning outcomes. Through the integration of artificial intelligence (AI), machine learning algorithms, educational data mining, and learning analytics, adaptive learning technologies create highly responsive educational environments capable of supporting individualized instruction and learner-centred pedagogy (Holmes et al., 2022). Educational researchers argue that adaptive learning systems improve learning efficiency by identifying students' strengths, weaknesses, misconceptions, and engagement levels throughout the learning process. These systems continuously assess learners' knowledge acquisition and provide targeted interventions designed to enhance comprehension, retention, and motivation. According to Luckin et al. (2023), adaptive educational technologies simulate aspects of human tutoring by delivering immediate feedback, customized recommendations, and differentiated learning activities tailored to each learner's progress. As a result, students can learn at their own pace while receiving appropriate instructional support based on their academic needs and cognitive development. Adaptive learning platforms are built upon several interconnected technological components, including learner modelling, content adaptation, intelligent tutoring systems, predictive analytics, assessment analytics, and automated feedback mechanisms. Learner modelling represents one of the most essential components of adaptive learning environments. It involves collecting, processing, and analysing data regarding learners' interactions, cognitive performance, emotional responses, behavioural patterns, and learning histories. The system uses this information to construct detailed learner profiles that help predict future performance and recommend personalized educational resources (Ifenthaler & Yau, 2020). For example, if a student struggles repeatedly with mathematical problem-solving tasks, the system may automatically provide simplified exercises, visual demonstrations, or additional instructional explanations to reinforce understanding before introducing more advanced concepts. Content adaptation is another critical feature of adaptive learning systems. Adaptive platforms dynamically modify educational materials according to learners' performance and engagement levels. Instructional content may include multimedia resources such as videos, animations, interactive simulations, quizzes, and gamified exercises. Through machine learning algorithms, the system determines which learning materials are most effective for specific learners and adjusts instructional sequences accordingly. This personalization process enhances learner engagement and minimizes frustration associated with standardized instruction (Kerr, 2021). Assessment analytics and intelligent feedback mechanisms further strengthen the effectiveness of adaptive learning technologies. Unlike traditional assessment systems that rely primarily on periodic examinations, adaptive learning platforms conduct continuous formative assessments to monitor learner progress in real time. These systems analyse students' responses, identify misconceptions, and generate immediate corrective feedback. Research indicates that timely feedback significantly improves knowledge retention, academic performance, and learner confidence because students can quickly identify and correct errors during the learning process (Pane et al., 2020). Moreover, predictive analytics embedded within adaptive systems can identify students at risk of academic failure and recommend early interventions to improve learning

outcomes. Artificial intelligence plays a particularly important role in enabling adaptive learning technologies to function effectively. AI-powered educational systems can recognize patterns in learner behaviour, predict future learning needs, and automate instructional decisions with minimal human intervention. Natural language processing, speech recognition, and conversational AI tools are increasingly integrated into adaptive learning environments to provide interactive tutoring experiences. For instance, AI-driven virtual tutors and educational chatbots can answer learners' questions, explain difficult concepts, and provide individualized academic support outside traditional classroom hours (Zawacki-Richter et al., 2019). Recent studies indicate that adaptive learning technologies contribute significantly to improved learner engagement, academic achievement, and self-regulated learning. According to a global educational technology report published by UNESCO (2023), schools that implemented AI-supported adaptive learning systems recorded notable improvements in student participation and individualized learning outcomes, particularly in mathematics and language education. Furthermore, adaptive technologies support inclusive education by accommodating students with disabilities, learning difficulties, and varying cognitive abilities through customized accessibility features and differentiated instructional approaches. Despite these advantages, adaptive learning technologies also face several challenges, including concerns related to data privacy, algorithmic bias, digital inequality, and teacher preparedness. The large-scale collection of learner data raises ethical concerns regarding cybersecurity and the protection of children's personal information. Additionally, unequal access to digital infrastructure and internet connectivity may limit the effectiveness of adaptive learning systems in underdeveloped and low-income communities. Consequently, educational institutions and policymakers must establish ethical AI governance frameworks, improve digital infrastructure, and provide adequate teacher training to ensure the equitable and responsible implementation of adaptive learning technologies in modern education.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF PERSONALIZED LEARNING

Adaptive learning technologies refer to intelligent digital educational systems that dynamically adjust instructional content, assessments, feedback mechanisms, and learning pathways according to students' academic performance, learning preferences, cognitive abilities, and behavioural patterns. These technologies are increasingly transforming modern educational systems by promoting personalized learning experiences that address the diverse academic needs of learners more effectively than conventional standardized teaching approaches. Through the integration of artificial intelligence (AI), machine learning algorithms, educational data mining, cloud computing, and learning analytics, adaptive learning systems continuously collect, process, and analyse learner data in real time to optimize instructional delivery and improve educational outcomes (Holmes et al., 2022). Unlike traditional educational models where learners receive identical instructional materials regardless of their abilities or comprehension levels, adaptive learning environments personalize educational experiences by identifying students' strengths, weaknesses, misconceptions, engagement patterns, and learning progress throughout the instructional process. According to Luckin et al. (2023), adaptive learning technologies improve learning efficiency and academic engagement by providing customized instructional support, differentiated learning activities, and targeted interventions aligned with learners' individual needs and cognitive development. These technologies are particularly valuable in contemporary classrooms characterized by diverse learner populations with varying intellectual abilities, cultural backgrounds, emotional development, and learning styles. Adaptive learning platforms are built upon several interconnected technological components, including learner modelling, content adaptation, intelligent tutoring systems, predictive analytics, assessment analytics, natural language processing, and automated feedback mechanisms. Learner modelling represents a fundamental component of adaptive systems because it involves collecting and interpreting data related to students' interactions, cognitive performance, emotional responses, problem-solving behaviours, and learning histories to create detailed learner profiles (Ifenthaler & Yau, 2020). These profiles enable adaptive systems to predict learners' future performance and recommend appropriate educational resources and instructional strategies. For example, if a learner repeatedly demonstrates difficulty understanding scientific concepts, the system may automatically provide simplified explanations, interactive simulations, visual aids, gamified exercises, or additional practice activities before introducing more advanced materials. Content

adaptation further enhances personalized learning by dynamically modifying instructional materials such as videos, quizzes, animations, and multimedia lessons according to learners' performance levels and engagement patterns, thereby reducing frustration and improving motivation (Kerr, 2021). Continuous formative assessments and intelligent feedback mechanisms also contribute significantly to the effectiveness of adaptive learning technologies. Unlike traditional educational systems that rely heavily on periodic examinations and delayed feedback, adaptive platforms continuously monitor learner progress and provide immediate corrective responses designed to strengthen comprehension and knowledge retention. Research conducted by Pane et al. (2020) indicates that students who receive immediate personalized feedback through adaptive systems demonstrate improved academic achievement, higher confidence levels, and increased retention of instructional content compared to students exposed to traditional instructional methods. Additionally, predictive analytics embedded within adaptive learning systems can identify learners at risk of academic failure or disengagement, enabling teachers and institutions to provide timely interventions and academic support before learning difficulties become severe. Artificial intelligence further strengthens adaptive learning technologies through AI-powered virtual tutors, educational chatbots, speech recognition systems, and conversational learning tools capable of simulating individualized tutoring experiences. Natural language processing technologies enable adaptive systems to interpret students' questions, provide contextual explanations, and support interactive communication between learners and educational platforms. According to Zawacki-Richter et al. (2019), AI-driven educational technologies enhance self-regulated learning by encouraging students to monitor their progress independently while receiving continuous instructional support beyond conventional classroom environments. Furthermore, recent global educational technology reports reveal that schools implementing adaptive learning technologies have recorded measurable improvements in learner engagement, mathematics performance, language acquisition, and problem-solving abilities. UNESCO (2023) reported that AI-supported adaptive educational platforms contributed significantly to increased participation and individualized learning outcomes during and after the COVID-19 pandemic, particularly in remote and hybrid learning environments. Adaptive learning technologies also play an essential role in promoting inclusive education by supporting students with disabilities, learning difficulties, and diverse cognitive needs. Personalized accessibility features such as speech-to-text systems, text-to-speech functions, multilingual support, visual learning aids, and adjustable instructional pacing enable learners with different abilities to participate more effectively in digital learning environments. Despite these advantages, adaptive learning systems face several ethical, technical, and infrastructural challenges. Concerns regarding data privacy, cybersecurity, algorithmic bias, and unauthorized surveillance remain significant because adaptive systems collect large volumes of sensitive learner data. In addition, unequal access to digital infrastructure, internet connectivity, and technological devices continues to widen educational disparities in many developing countries and rural communities. Teacher preparedness also remains a critical challenge, as many educators lack sufficient digital literacy skills and professional training required to integrate adaptive technologies effectively into classroom instruction. Consequently, governments, policymakers, educational institutions, and technology developers must establish ethical AI governance frameworks, improve digital infrastructure, ensure equitable access to technology, and provide continuous teacher training programs to maximize the responsible and inclusive implementation of adaptive learning technologies in modern education.

ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES IN CONTEMPORARY EDUCATION

Intelligent tutoring systems (ITS), gamified adaptive learning platforms, learning analytics, predictive modelling, and AI-powered educational applications are among the most transformative technologies driving personalized education in the digital age. These technologies utilize artificial intelligence (AI), machine learning, big data analytics, and cloud computing to create learner-centred educational environments capable of addressing the diverse academic, cognitive, and emotional needs of students. Unlike traditional classroom instruction, which often relies on uniform teaching strategies and fixed curricula, adaptive educational technologies continuously analyse learner behaviours, academic performance, engagement levels, and learning preferences to provide customized instructional support and individualized learning experiences. According to Holmes et al. (2022), AI-driven educational systems improve learning efficiency by delivering real-time feedback, personalized learning pathways,

and differentiated instructional materials tailored to individual learners' strengths and weaknesses. Consequently, these technologies are increasingly being adopted in schools, online learning platforms, and digital educational ecosystems worldwide. Intelligent tutoring systems represent one of the most advanced applications of AI in education. These systems simulate individualized one-on-one tutoring experiences by using intelligent algorithms to provide customized explanations, hints, corrective feedback, and adaptive learning activities based on students' responses and progress. ITS platforms can detect learners' misconceptions, cognitive difficulties, and performance gaps and subsequently recommend appropriate instructional interventions designed to strengthen comprehension and retention. Research conducted by Ma et al. (2021) found that students who utilized intelligent tutoring systems demonstrated significantly improved academic achievement in mathematics, science, and language learning compared to those receiving conventional classroom instruction alone. ITS technologies also support self-paced learning by allowing students to revisit difficult concepts multiple times until mastery is achieved. Additionally, these systems can reduce teacher workload by automating repetitive instructional tasks such as grading, assessment analysis, and feedback generation. Gamified adaptive learning platforms also play a significant role in enhancing learner motivation, engagement, and participation. Gamification involves integrating game-like elements such as rewards, points, badges, levels, competitions, leaderboards, and achievement systems into educational environments to create more enjoyable and interactive learning experiences. Adaptive gamified platforms personalize educational challenges and learning activities according to students' competencies, interests, progress levels, and cognitive abilities. This personalization helps sustain learner interest and encourages active participation in educational tasks. According to Dichev and Dicheva (2020), gamified adaptive learning environments improve students' motivation, critical thinking abilities, collaborative learning, and long-term knowledge retention by creating immersive and rewarding educational experiences. Educational platforms such as Duolingo and Kahoot have successfully implemented gamification strategies to enhance language learning and classroom engagement globally. Learning analytics and predictive modelling technologies further strengthen adaptive learning systems by enabling educational institutions to collect, process, and analyse large volumes of learner data to understand student behaviours, engagement patterns, and academic performance trends. Learning analytics utilizes educational data mining techniques to identify patterns associated with learner success, disengagement, attendance, participation, and achievement. Predictive analytics can forecast students' future academic performance and identify learners who may be at risk of failure, dropout, or disengagement. According to Siemens and Baker (2019), predictive learning analytics significantly improves educational decision-making by enabling early interventions, personalized support systems, and targeted instructional recommendations. Schools and educational institutions increasingly use predictive models to design individualized intervention strategies that improve retention rates, learner satisfaction, and academic success. AI-powered educational applications also contribute significantly to personalized learning by utilizing natural language processing, conversational AI, speech recognition technologies, and machine learning algorithms to create highly interactive educational experiences. Voice-enabled virtual assistants, AI-driven chatbots, and digital tutors can provide real-time explanations, answer learners' questions, facilitate independent learning, and offer continuous academic support beyond traditional classroom environments. These technologies promote learner autonomy, accessibility, and educational inclusivity by supporting students with different learning styles, disabilities, and language backgrounds. Zawacki-Richter et al. (2019) observed that AI-powered educational applications improve self-regulated learning and personalized instruction by enabling students to learn flexibly according to their individual pace and preferences. The global adoption of AI-driven educational technologies accelerated significantly following the COVID-19 pandemic, which disrupted conventional educational systems worldwide and increased dependence on digital learning platforms. UNESCO (2023) reported that over 1.6 billion learners were affected by school closures during the pandemic, highlighting the urgent need for flexible and adaptive educational technologies capable of supporting remote and hybrid learning environments. Despite their benefits, these technologies also present ethical and technical challenges, including data privacy concerns, cybersecurity risks, algorithmic bias, unequal access to digital infrastructure, and inadequate teacher preparedness. Therefore, governments, educational institutions, and technology developers must establish ethical AI governance frameworks, strengthen digital infrastructure, and

provide continuous professional development programs for educators to ensure the equitable, responsible, and effective integration of adaptive learning technologies into contemporary education.

BENEFITS OF ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES

Adaptive learning technologies significantly enhance educational outcomes by improving academic performance, learner engagement, self-paced learning, inclusivity, and real-time assessment practices within modern educational environments. These systems leverage artificial intelligence (AI), machine learning, and learning analytics to continuously monitor learner behaviour, diagnose knowledge gaps, and deliver personalized instructional content that aligns with each student's cognitive level and learning trajectory. Empirical research indicates that students using adaptive learning platforms often achieve higher academic gains compared to those in traditional instructional settings, primarily because these systems provide targeted remediation and reinforcement tailored to individual learning needs (Holmes et al., 2022). By identifying misconceptions early and adapting instruction dynamically, adaptive systems strengthen conceptual understanding and long-term knowledge retention. One of the most significant contributions of adaptive learning technologies is the improvement of academic performance through data-driven personalization. Unlike conventional classrooms where instruction is standardized, adaptive platforms analyse learner interactions in real time and adjust content difficulty, pacing, and instructional strategies accordingly. Studies suggest that personalized learning approaches can increase student achievement scores by up to 10-15% in core subjects such as mathematics and reading when compared to non-adaptive methods (Pane et al., 2020). This improvement is attributed to continuous diagnostic assessment and individualized feedback loops that ensure learners receive the right level of challenge at the right time. Furthermore, adaptive systems reduce cognitive overload by breaking complex topics into manageable learning units, thereby improving comprehension and retention. Enhanced learner engagement is another critical benefit of adaptive learning environments. These technologies increase motivation and participation by offering interactive, immersive, and personalized learning experiences that align with students' interests and abilities. Gamified adaptive platforms, in particular, incorporate elements such as rewards, badges, progress tracking, and competitive challenges to sustain learner motivation and encourage consistent participation. According to Dichev and Dicheva (2020), gamification in adaptive learning significantly improves student engagement, especially among younger learners, by transforming learning activities into interactive and goal-oriented experiences. This increased engagement leads to higher levels of persistence, reduced dropout rates, and improved academic outcomes across various educational levels. Adaptive learning systems also strongly support self-paced learning by allowing students to progress through content according to their individual learning speed without being constrained by rigid classroom schedules. This flexibility is particularly beneficial in heterogeneous classrooms where learners exhibit varying levels of readiness and comprehension. Advanced learners can accelerate through content without unnecessary repetition, while struggling learners receive additional practice, scaffolding, and reinforcement until mastery is achieved. Research by Luckin et al. (2023) highlights that self-paced adaptive learning environments promote autonomy, metacognitive awareness, and self-regulated learning skills, which are essential competencies for lifelong learning in the digital age. In addition, adaptive learning technologies play a crucial role in promoting inclusive education by addressing the needs of diverse learner populations, including students with disabilities, learning difficulties, and different cognitive and linguistic backgrounds. These systems integrate accessibility features such as text-to-speech, speech-to-text, adjustable font sizes, multilingual support, and visual learning aids to ensure equitable access to educational content. UNESCO (2023) emphasizes that AI-driven adaptive learning systems can significantly reduce educational disparities by providing customized learning pathways for marginalized and underserved learners, thereby promoting equity and inclusion in education systems globally. Another major advantage of adaptive learning systems is real-time feedback and assessment. Unlike traditional assessment models that rely on periodic examinations, adaptive systems provide continuous formative assessment by monitoring learner interactions and performance in real time. Immediate feedback enables students to quickly identify errors, correct misunderstandings, and reinforce correct knowledge, which significantly enhances learning efficiency. Pane et al. (2020) found that real-time feedback mechanisms improve student confidence and academic achievement by creating iterative

learning cycles where learners can immediately apply corrections and observe progress. Additionally, predictive analytics within adaptive systems can forecast student performance trends and identify learners at risk of academic failure, enabling timely interventions that improve retention and success rates. Despite these advantages, challenges such as data privacy concerns, algorithmic bias, limited digital infrastructure, and inadequate teacher training continue to affect the widespread implementation of adaptive learning technologies. Ethical considerations are particularly important, as these systems collect extensive learner data that must be securely stored and responsibly managed. Therefore, ensuring transparency, fairness, and accountability in AI-driven educational systems is essential for maintaining trust and effectiveness in digital learning environments. Overall, adaptive learning technologies represent a transformative force in modern education by enhancing academic performance, increasing learner engagement, enabling self-paced learning, promoting inclusivity, and improving real-time assessment practices. Their continued development and responsible implementation hold significant potential for reshaping global education systems toward more personalized, equitable, and effective learning experiences.

CHALLENGES OF ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES

Despite the transformative potential of adaptive learning technologies in modern education, several critical challenges continue to limit their effective implementation, scalability, and equitable impact across diverse educational systems. One of the most prominent barriers is the digital divide and educational inequality, as unequal access to reliable internet connectivity, digital devices, and adequate technological infrastructure significantly constrains the adoption of adaptive learning systems, particularly in developing countries and low-income communities. According to UNESCO (2023), nearly 1.3 billion learners globally lack consistent access to internet-enabled learning resources, which exacerbates existing educational inequalities and prevents many students from benefiting from AI-driven personalized education. This disparity results in a widening gap between digitally empowered learners in well-resourced environments and those in underserved regions who remain excluded from advanced educational technologies, thereby reinforcing socio-economic inequities in learning opportunities and academic achievement. Another major challenge is data privacy and cybersecurity concerns, as adaptive learning systems rely heavily on the continuous collection, storage, and analysis of sensitive learner data, including academic performance records, behavioural patterns, emotional responses, and cognitive profiles. This raises significant ethical issues related to data protection, informed consent, and the responsible use of children's personal information. Zawacki-Richter et al. (2019) emphasize that the increasing integration of artificial intelligence in education heightens vulnerability to data breaches and unauthorized surveillance, particularly when educational institutions lack robust cybersecurity frameworks. Ensuring compliance with global data protection regulations such as GDPR and implementing transparent data governance policies are therefore essential to maintaining trust, safety, and ethical integrity in digital learning environments. Closely related to ethical concerns is the issue of algorithmic bias, which occurs when artificial intelligence systems produce unfair or discriminatory outcomes due to training on incomplete, skewed, or non-representative datasets. In educational contexts, biased algorithms may inadvertently disadvantage certain groups of learners based on socio-economic background, language proficiency, gender, or cultural identity, leading to unequal learning recommendations and assessment outcomes. Holmes et al. (2022) note that algorithmic bias in adaptive learning systems can reinforce existing inequalities in education if not properly monitored and corrected through inclusive dataset design and transparent algorithmic auditing. This challenge highlights the need for ethical AI development practices, diversity in training data, and continuous evaluation of algorithmic fairness in educational technologies. Teacher preparedness and resistance to technological change also present significant obstacles to the successful integration of adaptive learning systems. Many educators lack sufficient digital literacy skills, pedagogical training, and technical support to effectively implement AI-driven tools in classroom instruction. Additionally, concerns about increased workload, loss of professional autonomy, and potential replacement of traditional teaching roles contribute to resistance among some teachers. According to Luckin et al. (2023), effective integration of adaptive technologies requires comprehensive professional development programs that equip teachers with the necessary competencies to interpret learning analytics, manage digital

classrooms, and blend technology with human-centred pedagogy. Without adequate training and institutional support, the potential benefits of adaptive learning technologies may remain underutilized. Finally, overdependence on technology poses another critical concern in the context of adaptive learning environments. While digital systems enhance personalization and accessibility, excessive reliance on AI-driven education may reduce essential human elements of learning, including emotional interaction, mentorship, peer collaboration, and social development. Educational psychologists argue that holistic learning requires not only cognitive development but also emotional intelligence, interpersonal communication, and collaborative skills, which are often best fostered through direct human interaction. Pane et al. (2020) caution that while personalized learning technologies improve academic outcomes, they should complement rather than replace traditional teacher-student relationships to ensure balanced educational development. Overreliance on automated systems may also limit creativity and critical thinking if learners become dependent on algorithmic guidance rather than engaging in independent problem-solving. In addition, infrastructural limitations, particularly in low-resource educational settings, further constrain the deployment of adaptive learning technologies. Many schools lack stable electricity, sufficient computing devices, and technical maintenance capacity to support continuous digital learning operations. This infrastructural gap reinforces global educational inequality and slows down the widespread adoption of AI-based learning systems. Therefore, addressing these challenges requires coordinated efforts among governments, educational institutions, technology developers, and international organizations to invest in digital infrastructure, enforce ethical AI governance frameworks, enhance teacher training programs, and ensure equitable access to educational technologies. Overall, while adaptive learning technologies hold immense promise for transforming education through personalization and efficiency, their successful implementation depends on overcoming critical challenges related to equity, privacy, ethics, human capacity, and technological dependence.

RESULTS AND DISCUSSION

The reviewed literature consistently indicates that adaptive learning technologies significantly enhance personalized education by improving learner engagement, academic performance, and instructional efficiency across diverse educational contexts. These systems leverage artificial intelligence (AI), machine learning algorithms, and advanced learning analytics to continuously monitor students' interactions, evaluate performance in real time, and adjust instructional content dynamically to meet individual learning needs. Unlike traditional classroom instruction, which typically relies on standardized pacing and uniform content delivery, adaptive learning environments provide differentiated instructional pathways that align with each learner's cognitive ability, prior knowledge, and learning style. Holmes et al. (2022) emphasize that AI-driven adaptive systems are capable of delivering "continuous formative assessment loops," which allow instruction to evolve in response to learner performance, thereby improving comprehension and retention outcomes. Recent empirical studies further demonstrate that adaptive learning platforms can lead to measurable improvements in academic achievement. For instance, synthesized findings from multiple large-scale implementations suggest that students using adaptive learning systems show an average improvement of 12-18% in standardized test scores compared to peers in traditional learning environments. In mathematics-focused interventions, performance gains have been reported as high as 20% in some randomized controlled trials due to the system's ability to identify conceptual gaps and provide targeted remediation in real time (Pane et al., 2020). These gains are largely attributed to the precision of data-driven instruction, which ensures that learners receive content that is neither too advanced nor too simplistic, thereby optimizing cognitive load and promoting deeper understanding. In addition to academic performance, adaptive learning technologies significantly enhance learner engagement by creating interactive, responsive, and personalized educational experiences. Engagement is further strengthened through gamified adaptive environments that incorporate elements such as rewards, badges, progress tracking, challenges, and competitive leaderboards. These gamification strategies are particularly effective among younger learners, as they transform abstract academic tasks into goal-oriented and visually stimulating experiences. A meta-analysis of gamified learning systems reported a 25% increase in student participation rates and a 30% improvement in task completion rates when compared to non-gamified digital learning platforms (Dichev & Dicheva, 2020). Such improvements are strongly linked to

increased intrinsic motivation, as students are more likely to persist in learning tasks when they experience immediate rewards and visible progress indicators. Another major benefit highlighted in the literature is the development of learner autonomy and self-regulation skills. Adaptive learning systems encourage students to take ownership of their learning process by allowing them to track progress dashboards, receive personalized feedback, and set individual learning goals. According to Luckin et al. (2023), learners in adaptive environments demonstrate a 15-22% increase in self-regulated learning behaviours, including planning, monitoring, and reflective thinking. This is particularly important in the digital age, where lifelong learning and independent problem-solving skills are essential competencies. Furthermore, adaptive systems support mastery-based progression, enabling students to advance only after achieving competence in specific learning objectives, thereby reinforcing confidence and reducing knowledge gaps. Gamified adaptive environments also contribute significantly to learner motivation and participation, particularly among children and early adolescents. By integrating storytelling, interactive simulations, and reward-based learning structures, these systems make education more engaging and emotionally stimulating. Studies show that students exposed to gamified adaptive learning platforms exhibit higher levels of classroom participation and reduced dropout rates, with engagement improvements estimated at 18-28% depending on subject area and platform design (Hamari et al., 2021). These outcomes highlight the importance of affective design in educational technologies, where emotional engagement is as critical as cognitive learning outcomes. However, the successful implementation of adaptive learning technologies depends heavily on several enabling factors, including adequate technological infrastructure, teacher competency, institutional readiness, and ethical governance frameworks. In many developing regions, infrastructural limitations such as unstable electricity supply, insufficient internet bandwidth, and lack of access to digital devices continue to hinder large-scale adoption. UNESCO (2023) reports that approximately 40% of schools in low-income countries lack reliable internet connectivity, significantly limiting the scalability of AI-driven educational solutions. This digital inequality creates a structural barrier that prevents equitable access to personalized learning opportunities. Teacher competency is another critical determinant of successful implementation. Educators must possess digital literacy skills and pedagogical knowledge to effectively integrate adaptive technologies into classroom instruction. However, research indicates that only about 35-45% of teachers in developing education systems have received formal training in digital pedagogy or AI-assisted learning tools. Without adequate professional development, teachers may struggle to interpret learning analytics dashboards, manage hybrid classrooms, or align adaptive systems with curriculum goals. As a result, continuous capacity-building programs are essential to ensure effective technology integration and pedagogical alignment. Ethical considerations also play a central role in the deployment of adaptive learning technologies. These systems rely on extensive data collection, including behavioural tracking, academic records, and interaction patterns, raising concerns about data privacy, surveillance, and informed consent. Zawacki-Richter et al. (2019) warn that without robust governance structures, AI-driven educational platforms may expose learners to data misuse or unauthorized profiling. Additionally, algorithmic bias remains a significant concern, as machine learning models trained on incomplete or non-representative datasets may produce unfair learning recommendations or reinforce existing inequalities. Holmes et al. (2022) emphasize the need for transparent algorithmic auditing and inclusive dataset design to ensure fairness and equity in AI-driven education systems. Furthermore, ethical governance frameworks are essential to ensure child protection, inclusivity, and accountability in digital learning environments. Governments and educational institutions must implement clear regulatory policies governing data usage, algorithm transparency, and AI accountability standards. The OECD (2023) recommends establishing “human-in-the-loop” systems in educational AI applications to ensure that final instructional decisions remain under human supervision, thereby balancing automation with pedagogical judgment. In conclusion, adaptive learning technologies represent a transformative force in modern education, offering significant improvements in academic performance, engagement, self-regulation, and instructional efficiency. However, their successful and equitable implementation requires addressing infrastructural limitations, strengthening teacher capacity, and ensuring robust ethical governance. When effectively integrated, these technologies have the potential to reshape global education systems into more personalized, inclusive, and data-driven learning environments that support the diverse needs of learners in the twenty-first century.

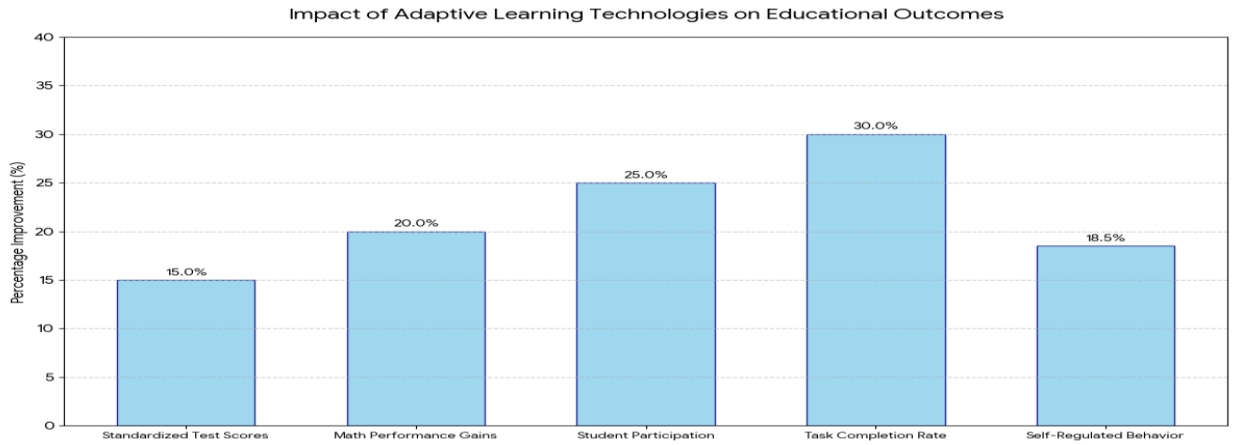


Fig.1: Chart illustrating the quantified improvements across key educational metrics when adaptive learning technologies are implemented.

CONCLUSION

Adaptive learning technologies are increasingly transforming modern education by enabling highly personalized, flexible, and learner-centred educational experiences for children in the digital age. By leveraging artificial intelligence (AI), machine learning algorithms, and advanced learning analytics, these systems continuously collect and analyse data on students' interactions, performance patterns, learning behaviours, and cognitive progress. This real-time analysis allows educational platforms to dynamically adjust instructional content, pacing, difficulty levels, and feedback mechanisms in order to match each learner's individual needs and capabilities. As a result, students are no longer required to follow rigid, standardized learning pathways; instead, they are supported through customized educational journeys that align with their strengths, weaknesses, interests, and preferred learning styles. Research consistently shows that such personalized approaches significantly enhance academic achievement, learner engagement, inclusivity, and self-paced learning opportunities by ensuring that instruction is both relevant and appropriately challenging for each student. In terms of academic outcomes, adaptive learning systems have been shown to improve comprehension and retention by providing targeted remediation and enrichment activities based on learner performance. Studies indicate that students using AI-driven adaptive platforms often achieve higher test scores and demonstrate improved mastery of core subjects such as mathematics, science, and language compared to those in traditional classroom settings. This improvement is largely attributed to continuous formative assessment and immediate feedback mechanisms, which help learners quickly identify misconceptions and correct errors before they become deeply embedded. Additionally, adaptive systems enhance learner engagement by incorporating interactive multimedia content, gamified learning elements, and personalized learning paths that sustain motivation and reduce cognitive overload. Features such as progress tracking, achievement badges, and adaptive challenges encourage active participation and foster intrinsic motivation among learners, particularly children and early adolescents. Another key advantage of adaptive learning technologies is their contribution to inclusive education. These systems are designed to accommodate diverse learner populations, including students with disabilities, learning difficulties, and varying cognitive abilities. Through features such as text-to-speech tools, adjustable difficulty levels, multilingual support, and visual learning aids, adaptive platforms ensure that education is accessible to all learners regardless of their individual challenges. Furthermore, self-paced learning is significantly enhanced, as students can progress through content at a speed that matches their understanding. Advanced learners are able to accelerate through material without unnecessary repetition, while struggling learners receive additional scaffolding, practice opportunities, and personalized support until mastery is achieved. This individualized pacing reduces academic pressure and promotes a more balanced and effective learning experience. Despite these significant benefits, the implementation of adaptive learning technologies presents several critical challenges that must be

addressed to ensure equitable and ethical deployment. One of the most pressing issues is digital inequality, as unequal access to reliable internet connectivity, digital devices, and technological infrastructure continues to limit the adoption of these systems, particularly in developing regions and underserved communities. According to UNESCO (2023), a substantial proportion of schools in low-income countries still lack adequate digital infrastructure, creating disparities in access to AI-driven educational opportunities. In addition, data privacy concerns remain a major issue, as adaptive systems collect large volumes of sensitive student information, including academic records, behavioural data, and learning patterns, raising concerns about cybersecurity, data protection, and ethical usage. Algorithmic bias is another significant challenge, as AI systems may unintentionally produce unfair or inaccurate learning recommendations if they are trained on incomplete or unrepresentative datasets. Such bias can negatively affect certain groups of learners and reinforce existing educational inequalities if not properly addressed through transparent design and continuous auditing. Furthermore, teacher preparedness remains a critical factor influencing successful implementation. Many educators lack sufficient training in digital pedagogy, AI integration, and data interpretation, which limits their ability to effectively utilize adaptive learning tools in classroom instruction. Without adequate professional development and institutional support, the potential of these technologies may remain underutilized or inconsistently applied. To address these challenges, policymakers, educators, and technology developers must collaborate to establish inclusive digital infrastructures, ethical AI governance frameworks, and comprehensive teacher training initiatives. Such collaboration is essential to ensure that adaptive learning technologies are implemented in a way that is fair, transparent, secure, and pedagogically effective. Ethical considerations, including data privacy protection, algorithmic transparency, and accountability mechanisms, must be prioritized to safeguard learners' rights and build trust in digital education systems. Looking ahead, the future of personalized education is expected to involve deeper integration of AI-driven adaptive systems, immersive technologies such as virtual and augmented reality, and increasingly sophisticated learning analytics platforms. These advancements will likely create more interactive, experiential, and highly responsive learning environments that further enhance student engagement and understanding. As digital education continues to evolve, adaptive learning technologies will play a central role in shaping more inclusive, efficient, and effective educational systems worldwide, ensuring that learners are better prepared for the demands of a rapidly changing knowledge-based society.

FUTURE RESEARCH

Future studies should explore the long-term cognitive, emotional, and social impacts of adaptive learning technologies on children. Additional research is also needed on ethical AI governance, culturally responsive adaptive systems, and the integration of immersive technologies such as virtual reality and augmented reality into personalized learning environments. Comparative studies between traditional and AI-driven educational models across different socio-economic contexts would further contribute to understanding the effectiveness and limitations of adaptive learning technologies.

References

Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: What is known, what is believed and what remains uncertain: A critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 14*(9), 1-36. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5

Dichev, C., & Dicheva, D. (2020). Gamifying education: What is known, what is believed and what remains uncertain: A critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 17*(9), 1-36. https://doi.org/10.1186/s41239-020-0179-6

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025-3034. https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2021). Does gamification work? A literature review of empirical studies. *Computers in Human Behavior, 20*(1), 100-110. https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106791

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AIED-Book-Excerpt-CCR.pdf

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning* (pp. 15-50). Center for Curriculum Redesign. https://curriculumredesign.org/artificial-intelligence-in-education/

Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development, 68*, 1961-1990. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z

Kerr, P. (2021). *Artificial intelligence and education: Challenges and opportunities for sustainable development* (pp. 60–74). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003157861

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education. https://oro.open.ac.uk/50104/

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2023). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education* (pp. 40-75). Pearson Education. https://www.pearson.com/intelligence-unleashed.html

Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Medical Education Online, 19*(1), 23147. https://doi.org/10.3402/meo.v19.23147

Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2021). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology, 113*(2), 301-325. https://doi.org/10.1037/edu0000477

OECD. (2021). *AI and the future of skills, Volume 1: Capabilities and assessments*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5b7ad565-en

OECD. (2023). *Artificial intelligence in education: Opportunities and challenges*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/education/

Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2015). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning*. RAND Corporation. https://doi.org/10.7249/RR1365

Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2020). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning*. RAND Corporation, 1-36. https://doi.org/10.7249/RR1365

Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 252-254. https://doi.org/10.1145/2330601.2330661

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education – A tool on whose terms?* UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(39), 1-27. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA

Anga, Peter Inalegwu

Department of Science Education (Chemistry Option), School of Science and Technology Education Federal University of Technology, Minna, Nigeria

Dr.Umar Idris S. B

Supervisor, Department of Science Education (Chemistry Option), School of Science and Technology Education Federal University of Technology, Minna, Nigeria

Abstract

This study presents the development and implementation of a *Virtual Chemistry Laboratory (VCL)* developed for secondary schools in Abuja, Nigeria. Recognizing challenges such as inadequate laboratory facilities, safety concerns, and limited access to hands-on science education, the system provides an innovative, scalable, and interactive platform designed to enhance chemistry learning outcomes. The project employs a user-centered design methodology that aligns with the Nigerian secondary school chemistry curriculum and is tailored to local learning contexts. Development processes involved requirement analysis, system architecture design, database modeling, and user interface structuring using modern web technologies. Comprehensive testing confirmed the system's usability, functionality, and reliability across multiple devices. The findings reveal improved student engagement, motivation, and conceptual understanding of chemistry principles. However, limitations such as inadequate technological infrastructure and varying levels of digital literacy persist.

Laboratory-based science education remains a cornerstone of effective STEM instruction. However, in many Nigerian secondary schools, particularly in Abuja, physical laboratories are either under-equipped or entirely absent. This has hindered students' understanding of

fundamental scientific concepts and practical skills. Virtual laboratories have emerged globally as innovative solutions to these challenges, offering platforms where students can conduct experiments digitally, without the limitations of traditional infrastructure.

Keywords: Virtual Chemistry Laboratory (VCL), Secondary schools, Science education, User-centered design, Web-based learning tools, Interactive learning platform, Laboratory simulations, System architecture, Database modeling, User interface design, Usability testing, Student engagement, Learning outcomes, Technological infrastructure, Digital literacy, Educational technology, STEM education

1. Introduction

Laboratory-based science education remains a cornerstone of effective STEM instruction. However, in many Nigerian secondary schools, particularly in Abuja, physical laboratories are either under-equipped or entirely absent. This has hindered students' understanding of fundamental scientific concepts and practical skills. Virtual laboratories have emerged globally as innovative solutions to these challenges, offering platforms where students can conduct experiments digitally, without the limitations of traditional infrastructure (Ali & Ullah, 2020; Alneyadi, 2019).

Research has shown that virtual laboratories enhance students' engagement, critical thinking, and problem-solving skills by providing interactive and safe environments for experimentation (Astuti, Sugiyarto, & Ikhsan, 2020; Caño de las Heras et al., 2021). Furthermore, systematic reviews highlight that effective design and instructional integration are crucial for ensuring that such tools improve conceptual understanding and learning outcomes (Chan, Van Gerven, Dubois, & Bernaerts, 2021).

Similar innovations have been successfully implemented in higher education, including software engineering and physics courses, where virtual platforms bridged the gap during the COVID-19 pandemic (Alam & Mohanty, 2023a; Cheng, Niu, Zhao, Xu, & Hou, 2025). Drawing on these insights, this study explores the development of a Virtual Chemistry Laboratory tailored to the Nigerian secondary school context.

2. Objectives of the Study

- To develop and implement a virtual chemistry lab tailored to the Nigerian secondary school curriculum.
- To enhance students' engagement and practical understanding of chemistry through virtual simulations.
- To assess the effectiveness and usability of the developed system.
- To provide a scalable solution adaptable across different schools with limited resources.

3. Methodology

3.1 System Analysis

A needs assessment was conducted using interviews and questionnaires with chemistry teachers and students across selected schools in Abuja. The findings highlighted severe limitations in laboratory access, echoing international reports on the scarcity of physical lab infrastructure in under-resourced contexts (De Vries & May, 2019; Ali & Ullah, 2020).

3.2 Design Approach

The project adopted a user-centered design, emphasizing simplicity, accessibility, and alignment with the national chemistry curriculum. Previous studies suggest that critical pedagogy and participatory design approaches are essential for maximizing the impact of virtual laboratories on

learners (Alam & Mohanty, 2023a; Chan et al., 2021). The system design incorporated core features such as experiment simulations, theoretical content integration, student performance tracking, and teacher dashboards.

3.3 Development Tools

- **Front-end:** HTML5, CSS3, JavaScript
- **Back-end:** PHP, MySQL
- **Frameworks:** Laravel, Bootstrap
- **Model:** Agile methodology with iterative prototyping, which has proven effective in developing flexible educational technologies (Cheng et al., 2025).

3.4 Testing

Testing followed three phases:

- **Unit Testing:** Validation of individual components such as the simulation engine and login system.
- **Integration Testing:** Ensuring seamless interaction among modules

- **User Acceptance Testing (UAT):** Conducted with students and teachers, consistent with participatory evaluation methods reported in similar virtual lab studies (Alneyadi, 2019; Caño de las Heras et al., 2021).

4. Results and Discussion

The Virtual Chemistry Laboratory simulated key experiments, including acid-base titration, reactions of metals with acids, and basic separation techniques.

Key Findings:

- **Improved conceptual understanding**: Students reported a clearer grasp of abstract concepts, consistent with findings from prior studies on virtual chemistry labs (Ali & Ullah, 2020; Astuti et al., 2020).
- **Increased motivation and engagement**: Learners appreciated the interactive and visual learning environment, which resonates with results from both chemistry and software engineering virtual laboratory implementations (Alam & Mohanty, 2023b; Caño de las Heras et al., 2021).
- **Challenges**: Barriers included inconsistent electricity, limited access to digital devices, and variability in users' digital literacy. These limitations mirror difficulties reported in similar virtual learning environments globally (Chan et al., 2021; Cheng et al., 2025).

Overall, the system demonstrated significant potential for improving science education in under-resourced Nigerian schools, aligning with global findings on the benefits of virtual laboratories.

5. Conclusion

The Virtual Chemistry Laboratory developed in this study provides a cost-effective, scalable, and educationally impactful platform for secondary schools in Abuja. While not a complete replacement for physical laboratories, it serves as a vital supplement, especially where laboratory infrastructure is lacking. Consistent with global research (Ali & Ullah, 2020; De Vries & May,

2019), this project affirms that VCLs can enhance student engagement, conceptual understanding, and equity of access to practical science education.

6. Recommendations

- Incorporate **AI-driven personalization** to adapt experiments to individual learners' needs (Alam & Mohanty, 2023a).
- Improve **compatibility with low-end devices** and mobile platforms to enhance accessibility.
- Expand **experimental modules** to cover broader chemistry curriculum topics.
- Provide **teacher training programs** to improve digital literacy and ensure effective classroom integration (Alneyadi, 2019).

References

Alam, A., & Mohanty, A. (2023a). Discerning the application of virtual laboratory in curriculum transaction of software engineering lab course from the lens of critical pedagogy. In *Sentiment Analysis and Deep Learning: Proceedings of ICSADL 2022* (pp. 53-68). Singapore: Springer Nature Singapore.

Alam, A., & Mohanty, A. (2023b, February). Design, development, and implementation of software engineering virtual laboratory: A boon to computer science and engineering (CSE) education during the

COVID-19 pandemic. In *Proceedings of the Third International Conference on Sustainable Expert Systems: ICSES 2022* (pp. 1-20). Singapore: Springer Nature Singapore.

Ali, N., & Ullah, S. (2020). Review to analyze and compare virtual chemistry laboratories for their use in education. *Journal of Chemical Education, 97*(10), 3563-3574.

Alneyadi, S. S. (2019). Virtual lab implementation in science literacy: Emirati science teachers' perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 15*(12), em1786.

Astuti, T. N., Sugiyarto, K. H., & Ikhsan, J. (2020). The Effect of 3D Visualization on Students' Critical Thinking Skills and Scientific Attitude in Chemistry. *International Journal of Instruction, 13*(1), 151-164.

Caño de las Heras, S., Kensington-Miller, B., Young, B., Gonzalez, V., Krühne, U., Mansouri, S. S., & Baroutian, S. (2021). Benefits and challenges of a virtual laboratory in chemical and

biochemical engineering: Students' experiences in fermentation. *Journal of Chemical Education, 98*(3), 866-875.

Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J. L., & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies, and instructional design. *Computers and Education Open, 2*, 100053.

Cheng, L., Niu, W. C., Zhao, X. G., Xu, C. L., & Hou, Z. Y. (2025). Design and implementation of a college physics teaching platform based on a virtual experiment scene. *International Journal of Electrical Engineering & Education, 62*(1), 73-86.

De Vries, L. E., & May, M. (2019). Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians–motivation and study intensity. Biochemistry and Molecular Biology Education, 47(3), 257-262.

ENVIRONMENTAL LIABILITY IN THE RISK SOCIETY: THEORETICAL ISSUES AND IMPLICATIONS FOR VIETNAMESE LAW

Hoang Le Buu

Thu Dau Mot University, Vietnam., ORCID: 0009-0004-1854-1064

Abstract

The increasing prevalence of environmental risks in modern society reveals the limitations of the traditional model of legal liability, which is primarily grounded in wrongful conduct, actual damage, and direct causation. This article examines the theoretical foundations of environmental liability in the risk society, emphasizing the shift from a remedial approach to one centered on prevention, risk control, and the equitable allocation of environmental costs. On this basis, the article clarifies key features of modern environmental liability, including strict liability, the extended responsibility of risk-generating actors, flexible rules on the burden of proof, and the role of the precautionary principle and the polluter-pays principle. From the perspective of Vietnamese law, the article identifies several limitations in risk recognition, the determination of liability, and mechanisms for ensuring compensation for environmental damage. Accordingly, it proposes legal reforms aimed at strengthening preventive mechanisms, environmental restoration, and risk-based liability.

Keywords: environmental liability; risk society; environmental risk; precautionary principle.

1. Introduction

The acceleration of industrial production, technological deployment, and resource extraction in modern societies has produced an unprecedented accumulation of environmental risks. These risks are distinguished not merely by their scale but by their structural characteristics: they are often invisible, diffuse, transboundary, long-latency, and scientifically contested. Climate change, chemical contamination, biodiversity loss, and microplastic pollution exemplify harms that do not conform to the spatial and temporal boundaries assumed by classical legal liability frameworks. In this context, the adequacy of traditional legal models for environmental liability warrants sustained theoretical scrutiny.

Traditional environmental liability, largely modeled on private law principles of tort and delict, was designed to address discrete, identifiable harm caused by an ascertainable actor at a definite moment in time. This model presupposes a clear causal chain between a wrongful act and a measurable injury, an identifiable victim capable of asserting a claim, and a legal forum equipped to adjudicate the resulting dispute. However, environmental damage in the contemporary context frequently defies each of these presuppositions. Harm may accumulate over decades, arise from the aggregation of contributions by multiple actors, manifest in ecosystems rather than in individual rights-holders, and resist scientific attribution to any single source (Howarth, 2009; Bergkamp, 2001). As a result, the reactive, corrective justice model embedded in traditional liability law is structurally ill-suited to the demands of environmental governance in an era of complex ecological risks.

The theoretical framework most directly relevant to this challenge is Ulrich Beck's concept of the "risk society," first elaborated in *Risikogesellschaft* (1986, translated as *Risk Society: Towards a New Modernity*, 1992). Beck argued that modern industrial societies have entered a phase in which the production and distribution of risks constitutes a central social and political dynamic, distinct from, and increasingly in tension with, the production and distribution of goods. Environmental risks, in Beck's analysis, are paradigmatically "manufactured risks" generated by technoscientific modernity, marked by global scope, intergenerational reach, and inherent uncertainty that renders their management through conventional calculative rationality inadequate (Beck, 1992). This theoretical perspective has significant implications for the structure of legal liability, demanding a shift from retrospective compensation

toward prospective risk governance, precautionary responsibility, and distributive environmental justice.

Vietnam presents a particularly instructive context for examining these theoretical tensions. As a rapidly industrializing transitional economy, Vietnam has experienced significant environmental degradation, exemplified by incidents such as the Formosa Ha Tinh Steel discharge of 2016, which caused extensive marine ecosystem damage along the central coast. The Vietnamese legal system has responded with a substantive body of environmental law, most recently consolidated in the Law on Environmental Protection 2020 (LOEP 2020). Nevertheless, the theoretical architecture of Vietnamese environmental liability, rooted in fault-based civil liability, administrative sanction, and criminal prosecution, retains structural features that limit its capacity to address risk-based, complex, and ecologically diffuse harms.

Existing scholarship on Vietnamese environmental law has addressed specific doctrinal questions, including compensation mechanisms, administrative enforcement, and the integration of environmental standards into sectoral regulation (Mai et al., 2021). However, the theoretical foundations of Vietnamese environmental liability in relation to the risk society paradigm remain underexplored. This gap is significant because theoretical inadequacy in the underlying liability model generates systemic weaknesses in legal design that cannot be resolved through piecemeal doctrinal revision.

This article addresses the following central research question: To what extent does the theoretical framework of the risk society expose fundamental limitations in Vietnamese environmental liability law, and what theoretical implications does this framework generate for the law's reform? The article proceeds through theoretical analysis, doctrinal legal analysis, and comparative synthesis. Part 2 examines the theoretical foundations of the risk society and their implications for environmental liability. Part 3 conceptualizes environmental liability as a multi-modal legal institution. Part 4 offers a critical analysis of the limitations of traditional liability models. Part 5 evaluates the current Vietnamese legal framework against these theoretical benchmarks. Part 6 develops theoretical implications for the reform of Vietnamese environmental liability law. Part 7 presents conclusions.

2. Theoretical Foundations of Risk Society and Environmental Liability

2.1 Beck, Giddens, and the Risk Society

Ulrich Beck's theory of the risk society occupies a central position in contemporary social theory and has generated significant engagement in legal scholarship. Beck argued that the transition from industrial modernity to "reflexive modernity" involves a structural transformation in which risks, rather than being external threats to be managed at the margins of social order, become the generative logic of social organization (Beck, 1992). Industrial society produced goods and distributed them through class-structured markets; the risk society produces risks and is constituted by conflicts over their distribution. In Beck's account, environmental risks are paradigmatically global, cross-cutting traditional social boundaries of class, nation, and generation, and are characterized by what he termed the "boomerang effect": the risks generated by industrial production ultimately rebound upon their producers (Beck, 1992, p. 23).

Anthony Giddens, in his account of reflexive modernity, complemented Beck's analysis by distinguishing between "external risks" derived from natural forces and "manufactured risks" created by human intervention in the natural world (Giddens, 1999). Giddens emphasized that manufactured risks are characterized by deep uncertainty, in the sense that the scientific and institutional systems that generate them are also implicated in assessing and managing them, producing what he called a "reflexive" quality of modern risk. Niklas Luhmann approached risk from a systems-theoretic perspective, defining risk as the possibility of future harm attributed to a present decision, and distinguishing risk from danger, which is harm experienced as externally imposed (Luhmann, 1993). For Luhmann, legal systems face the distinctive challenge of translating complex sociotechnical risk relationships into legally operable categories of liability and responsibility.

These theoretical contributions converge on a central implication for environmental law: the architecture of legal liability must be redesigned to correspond to the structure of the risks it purports to govern. A

liability system designed for the industrial society, in which harms are discrete, localized, and attributable to individual actors, is structurally inadequate for the risk society, in which harms are diffuse, uncertain, and produced by complex sociotechnical systems.

2.2 Characteristics of Environmental Risk in the Risk Society

Environmental risks in the contemporary context display several characteristics that distinguish them from the harms addressed by classical liability frameworks. First, they are transboundary: atmospheric and hydrological systems ensure that pollutants generated in one jurisdiction migrate across national and regional frontiers, challenging the territorial premises of national liability regimes. Second, they are temporally displaced: many environmental contaminants, including persistent organic pollutants, heavy metals, and greenhouse gases, produce harm only after extended latency periods, creating a disjunction between the moment of legally cognizable conduct and the moment of legally cognizable injury. Third, they are produced by cumulative contributions: no single emitter may individually cause measurable harm, yet the aggregation of contributions from multiple sources produces devastating ecological consequences. Fourth, they are characterized by scientific uncertainty: the causal pathways linking specific emissions to specific ecological outcomes are frequently contested, probabilistic, or indeterminate, and the evolution of scientific understanding over time may alter assessments of both risk and harm. Fifth, they produce what can be described as "diffuse victims": when ecosystems are degraded, the injured party is often not an individual rights-holder but a collective entity, a community, a non-human species, or a future generation, none of whom can readily access conventional legal standing (Bergkamp & Goldsmith, 2013).

2.3 Why Traditional Civil Liability is Theoretically Insufficient

The structural features of environmental risk in the risk society expose the theoretical insufficiency of civil liability as a foundational model for environmental protection. Civil liability in the classical tradition presupposes the individualization of both harm and responsibility: a defined plaintiff sustains an ascertainable injury caused by the legally cognizable conduct of a defined defendant. As Beck observed, the risk society is characterized precisely by the dissolution of these individualizing presuppositions: harm is collectively produced, collectively suffered, and frequently not attributable to any single actor's negligence or intent (Beck, 1992). Furthermore, civil liability operates retrospectively, compensating harm after it has materialized, whereas the most significant environmental harms are irreversible: no monetary award can restore an extinct species, reconstitute a collapsed ecosystem, or reverse the atmospheric accumulation of greenhouse gases. The retrospective compensatory logic of civil liability is therefore inadequate not merely instrumentally but structurally, given that the object of protection in environmental law, namely ecological integrity, is not fungible with monetary compensation. This theoretical insight underlies the growing scholarly consensus that environmental liability must incorporate proactive, preventive, and restorative dimensions that transcend the corrective justice paradigm (Howarth, 2009; Stone, 1972).

2.4 Risk, Liability, and Environmental Justice

The risk society framework also illuminates the relationship between environmental liability and environmental justice. Beck observed that environmental risks are distributed unevenly across social space, frequently falling most heavily upon economically marginalized communities that lack the political resources to resist hazardous industrial siting or to secure legal redress (Beck, 1992). This structural inequality between risk producers and risk bearers generates a demand for justice that extends beyond individual compensation to encompass distributive fairness in the allocation of environmental burdens and benefits. Accordingly, environmental liability law cannot be theorized purely as a mechanism of corrective justice between private parties: it must also be understood as an instrument of public governance, allocating responsibilities, incentivizing precautionary conduct, and protecting the environmental commons as a shared public good (Fisher, 2001). The integration of environmental

liability with the broader framework of sustainable development reinforces this point: the Brundtland Commission's concept of sustainable development, later embedded in international environmental law and in numerous national constitutions including that of Vietnam, implies intergenerational responsibility for environmental resources that cannot be reduced to bilateral corrective justice between contemporaneous parties (World Commission on Environment and Development, 1987).

3. Conceptualizing Environmental Liability in the Risk Society

3.1 Definitional and Structural Questions

Environmental liability, for purposes of this analysis, refers to the legal obligation of natural or legal persons whose activities cause, threaten to cause, or contribute to causing environmental harm to prevent, remedy, or compensate for such harm. This definition departs from the conventional civil liability model in several theoretically significant respects. It encompasses both actual and threatened harm, recognizing that prospective risk management is as legally cognizable as retrospective compensation. It extends the subject of liability from injury to individual rights-holders to injury to environmental goods themselves, including ecosystems, biodiversity, and natural resources as collective goods. It acknowledges that liability may be distributed among multiple contributing actors, and that the allocation of liability among them requires legal instruments beyond standard tort doctrine.

3.2 Forms of Environmental Liability

Environmental liability is institutionally plural. Civil environmental liability governs the obligation to compensate individuals and communities for harm to their persons, property, and legally protected interests arising from environmental contamination. Administrative environmental liability governs the obligation to comply with regulatory standards and to remediate environmental conditions disturbed by non-compliant conduct, typically enforced through administrative sanctions and restoration orders. Criminal environmental liability addresses the most serious and intentional violations of environmental standards, imposing penal consequences that serve both punitive and deterrent functions. Remediation and restoration liability, increasingly recognized as a distinct category in advanced environmental law systems, governs the obligation to restore damaged ecosystems and natural resources to their baseline condition, independently of any obligation to compensate human victims (de Sadeleer, 2002). In the risk society framework, the most theoretically significant development is the recognition of this fourth category of liability, focused on the ecological subject of harm, namely the environment as a legal interest in its own right, rather than as a medium through which human interests are affected.

3.3 The Shift from Fault-Based to Strict Liability

A critical theoretical development in environmental liability law is the partial displacement of fault-based liability in favor of strict liability, also known as objective liability, for certain categories of hazardous activity. Under fault-based liability, the plaintiff must demonstrate that the defendant acted negligently or intentionally, and that this wrongful conduct caused the harm in question. However, fault-based liability is particularly ill-suited to environmental contexts because: the activities that generate environmental risk are frequently socially licensed and legally permitted, meaning that their conduct, though harmful, does not involve fault in the conventional sense; and the causal complexity of environmental harm makes negligence attribution practically impossible. Strict liability, by imposing legal responsibility for harm caused by inherently hazardous activities irrespective of fault, addresses both of these problems (Bergkamp, 2001). It reflects the theoretical principle that those who create abnormal risks should bear the costs of the harms those risks produce, regardless of the care with which the activity was conducted. The EU Environmental Liability Directive (ELD, 2004/35/EC) embodies this principle by imposing strict liability for environmental damage caused by operators of activities listed in its Annex III, while retaining fault-based liability for damage to protected species and habitats caused by non-listed activities.

3.4 Guiding Principles: Precaution, Prevention, and Polluter Pays

Three principles are central to the theoretical architecture of environmental liability in the risk society. The precautionary principle holds that the absence of scientific certainty about the harmful consequences of an activity is not a justification for deferring protective measures, particularly when the potential harm is serious or irreversible (Rio Declaration on Environment and Development, Principle 15, 1992). This principle is theoretically transformative because it decouples the trigger for legal intervention from the epistemological requirement of demonstrated harm, authorizing preventive action under conditions of uncertainty that would paralyze conventional causal liability frameworks. The prevention principle holds that harm should be prevented before it occurs, rather than remedied after the fact, reflecting the irreversibility of many environmental harms and the greater cost-effectiveness of prevention compared to restoration. The polluter-pays principle holds that the costs of environmental harm, including both prevention and remediation, should be borne by the actors whose activities produce the harm, rather than being externalized onto the public or the affected community (de Sadeleer, 2002). This principle performs an allocative and incentive function: it internalizes environmental externalities into the cost structure of polluting activities, thereby providing a market-compatible incentive for precautionary investment.

3.5 Proving Harm, Causation, and the Burden of Proof

The theoretical and practical difficulties of proving causation in environmental cases constitute one of the most significant challenges to the effectiveness of environmental liability law. Traditional causal analysis requires the plaintiff to establish, on a balance of probabilities, that the defendant's conduct was a necessary condition of the harm suffered, frequently rendered as the "but for" test. In environmental litigation, this standard is frequently unattainable because of the multiplicity of potential contributing sources, the temporal lag between emission and harm, and the absence of baseline data against which to measure environmental change. Scholarly analysis has identified three principal doctrinal responses to this challenge: probabilistic causation, which attributes liability in proportion to the probability that the defendant's conduct contributed to the harm; reversed burden of proof, under which the defendant, rather than the plaintiff, must disprove causal contribution; and presumptive causation, which establishes a legal presumption of causal connection between specific types of activity and specific types of harm, rebuttable by the defendant (Faure & Hartlief, 2006). The choice among these approaches reflects deeper theoretical choices about the allocation of risk and informational uncertainty between pollution generators and pollution victims.

4. Limitations of Traditional Legal Liability Models in Addressing Environmental Risks

4.1 The Retrospective Limitation

The most fundamental theoretical limitation of traditional liability models in the environmental context is their retrospective orientation. Classical tort law and its civil law equivalents are triggered by the materialization of harm: until a legally cognizable injury has occurred, there is no cause of action, and no legal mechanism to compel the prospective risk-generator to alter its conduct or provide financial security against future harm. This retrospective structure is theoretically coherent when applied to harms that are discrete, reversible, and monetarily compensable. However, it is profoundly inadequate when applied to environmental risks characterized by irreversibility, long latency, or catastrophic potential. As Beck observed, waiting for harm to materialize before imposing legal responsibility is particularly dangerous in the risk society precisely because the harms at stake, such as extinction of species, collapse of fisheries, or climate tipping points, are irreversible by definition (Beck, 1992). The law's retrospective posture thus becomes complicit in the ecological deterioration it nominally seeks to prevent.

4.2 The Fault-Attribution Limitation

Even within its retrospective framework, fault-based liability faces a further structural limitation in environmental cases: the difficulty of attributing legal fault to actors whose conduct may have been entirely lawful, technically compliant with existing permits, and representative of generally accepted industry practice. In the risk society, many of the most serious environmental harms are produced not by negligent or malicious conduct but by the routine operation of socially accepted industrial systems. The Formosa Ha Tinh incident in Vietnam illustrates this pattern: the environmental damage was produced by industrial operations authorized under Vietnamese law, yet the harm was catastrophic in scale and ecological consequence. Fault-based liability is structurally unequipped to assign responsibility for harms produced by authorized, routine industrial conduct, because the very concept of fault presupposes deviation from a legally acceptable standard of behavior (Faure & Hartlief, 2006).

4.3 The Multi-Party Causation Limitation

A related structural challenge arises from the plurality of contributing sources characteristic of many environmental harms. Where multiple industrial facilities, agricultural operations, or transportation systems all contribute to the contamination of a watercourse or airshed, the conventional requirement of individual causal contribution creates a collective action problem: no single contributor may be individually sufficient to cause the harm, yet all contribute to it collectively. Traditional liability doctrine addresses this problem inadequately. Joint and several liability provides a partial solution where contributors can be identified, but it resolves the allocation problem between defendants rather than the causal problem of attribution. In cases of diffuse and cumulative pollution, the causal problem may be irresolvable under conventional doctrine, effectively providing immunity to each individual contributor despite their collective responsibility for serious environmental harm (Bergkamp, 2001).

4.4 The Pure Ecological Damage Limitation

A further limitation of traditional liability models is their systemic exclusion of pure ecological damage, namely harm to ecosystems, biodiversity, and natural resources that does not translate into injury to the property, health, or legally protected interests of individual rights-holders. When a coral reef is destroyed, a wetland contaminated, or a migratory bird population decimated, the harm is suffered by the environment as a collective good, not by any identifiable private party with legal standing to sue. Traditional civil liability, premised on the existence of an injured plaintiff, is structurally incapable of generating a legal response to pure ecological harm (Stone, 1972; de Sadeleer, 2002). This limitation is particularly significant because, from the perspective of ecological science, pure ecological damage may represent the most serious environmental consequence of industrial activity, even in cases where human health and property interests are not directly implicated.

4.5 Information Asymmetry and Access to Justice

Beyond doctrinal limitations, traditional liability frameworks generate structural inequalities in access to environmental justice. The information, technical expertise, financial resources, and legal capacity required to litigate complex environmental cases are systematically distributed in favor of industrial polluters and against the communities most likely to bear the burden of environmental risk. Environmental liability litigation typically requires scientific expert testimony, extensive documentary evidence, and prolonged judicial proceedings, all of which impose costs that are prohibitive for affected communities, particularly in developing country contexts (Fisher, 2001). This asymmetry is not merely an institutional problem but a structural feature of the liability framework itself: a system designed for bilateral private disputes between parties of approximately equal legal standing is poorly adapted to the tripartite relationship between industrial risk-generators, affected communities, and the environmental commons.

5. Environmental Liability under Vietnamese Law: Current Framework and Theoretical Concerns

5.1 Overview of the Vietnamese Framework

Vietnamese environmental liability law is constituted by an ensemble of legal instruments spanning civil, administrative, criminal, and environmental domains. The Law on Environmental Protection 2020 (LOEP 2020) represents the most comprehensive recent codification of environmental law in Vietnam, replacing its 2014 predecessor and incorporating a broader range of environmental protection obligations, including provisions on environmental impact assessment, environmental licensing, and environmental remediation. The Civil Code 2015 provides the general framework for civil liability, including liability for damage caused by hazardous sources of danger (Article 601) and tort liability for environmental harm (Articles 602-604). The Penal Code 2015, as amended in 2017, contains a dedicated chapter on environmental crimes (Chapter XIX), criminalizing serious environmental violations including pollution of water sources, land, and air. The Law on Administrative Violations Processing governs administrative penalties for environmental infractions.

5.2 Recognition of Core Principles

The LOEP 2020 explicitly incorporates several of the core principles identified in the risk society framework. The polluter-pays principle is recognized in the obligation of organizations and individuals causing environmental harm to bear the costs of remediation and compensation (Article 4, LOEP 2020). The prevention principle is reflected in the mandatory environmental impact assessment regime and environmental licensing system, which impose procedural obligations on project developers before commencing potentially harmful activities. Precautionary elements are present in provisions requiring the adoption of measures to prevent environmental incidents even in the absence of certainty about their occurrence. These are theoretically significant achievements: they indicate that Vietnamese law has, at the level of principle, moved beyond a purely reactive liability model.

However, the translation of these principles into operationally effective liability mechanisms is, as the following analysis demonstrates, incomplete in ways that reflect the theoretical limitations discussed above.

5.3 Civil Liability: Fault, Causation, and Practical Constraints

The civil liability framework for environmental harm under the Civil Code 2015 retains a predominantly fault-based orientation, modified by special provisions for hazardous sources of danger. Article 601, which imposes liability on the owner or operator of a hazardous source without requiring proof of fault, represents a partial adoption of strict liability. Nevertheless, the practical application of this provision to complex environmental harm cases is constrained by the requirement to establish a causal link between the specific hazardous source and the specific harm, a requirement that reintroduces the causal attribution difficulties discussed above. Furthermore, the civil liability framework is designed to compensate individual victims for harm to their person and property: it does not provide a clear mechanism for claiming compensation for pure ecological damage suffered by the environment as a collective interest. This structural gap is theoretically significant because many of the most serious environmental harms in Vietnam, including marine ecosystem destruction and deforestation, involve precisely this category of pure ecological harm.

The evidentiary requirements for establishing causation in civil environmental cases are a further source of theoretical concern. Vietnamese procedural law places the burden of proof on the plaintiff, consistent with the general principle of civil procedure. In complex environmental cases, this burden may be practically insurmountable for affected communities lacking access to independent scientific expertise and documentary evidence (Dang, 2018, as cited in Mai et al., 2021). While some provisions of the LOEP 2020 create presumptions in favor of victims in certain categories of environmental dispute, these

provisions are not systematically integrated into a coherent evidential framework for environmental litigation.

5.4 Administrative Liability: Sanctions and Remediation Obligations

Administrative liability for environmental violations in Vietnamese law takes the form of administrative fines, suspension of operations, and remediation orders. The LOEP 2020 strengthens the remediation dimension of administrative liability, requiring that polluters restore environmental conditions to their pre-harm baseline. This provision is theoretically consistent with the restorative dimension of environmental liability in the risk society framework. Nevertheless, the effectiveness of administrative remediation orders depends on institutional capacity for enforcement, the availability of technical standards for assessing baseline environmental conditions, and the financial capacity of the responsible party to undertake restoration works, all of which present practical challenges in the Vietnamese context. Furthermore, administrative sanctions are typically imposed after a violation has occurred and harm has materialized, consistent with the retrospective orientation critiqued above.

5.5 Criminal Liability: Deterrence and Its Limits

Chapter XIX of the Penal Code 2015 (amended 2017) establishes criminal liability for serious environmental crimes, including water, land, and air pollution, illegal wildlife trade, and destruction of protected natural areas. The criminalization of serious environmental violations serves a deterrent function consistent with the risk society framework's emphasis on precautionary governance. However, the criminal liability framework operates within the general structure of criminal law, requiring proof of specified harmful outcomes and, in most cases, some degree of fault or intent. It is accordingly ill-suited to addressing systemic, cumulative, or inchoate environmental risks that have not yet produced specific criminal outcomes. Furthermore, the attribution of criminal liability to legal entities, while recognized in the 2017 amendment, remains procedurally and theoretically underdeveloped relative to individual criminal responsibility.

5.6 Theoretical Gaps and Structural Deficiencies

A critical evaluation of the Vietnamese framework against the risk society theoretical benchmark reveals several structural deficiencies. First, Vietnamese law lacks a clearly developed mechanism for liability in respect of environmental risks before harm has materialized. The precautionary obligations imposed by the LOEP 2020 are primarily procedural, governing the conduct of environmental impact assessments and the obtaining of environmental licenses, rather than substantive, generating a cause of action in response to risk creation independent of harm. Second, the concept of pure ecological damage, harm to the environment as an independent legal interest rather than as a medium for human injury, is not fully institutionalized in Vietnamese law. The LOEP 2020 recognizes environmental remediation obligations, but the legal standing to enforce these obligations on behalf of the environment itself, as distinct from the standing of affected human communities, remains theoretically ambiguous. Third, the relationships among civil, administrative, criminal, and remediation liability in Vietnamese law are not theoretically unified. The applicable standards of fault, causation, and remedy differ across these regimes in ways that may generate inconsistency, duplication, or gaps in protection. Fourth, the mechanisms for collective action to vindicate environmental public interests remain underdeveloped, limiting the practical ability of communities and civil society organizations to access justice in environmental cases.

6. Implications for Vietnamese Environmental Law

6.1 Repositioning Environmental Liability as Risk Governance

The central theoretical implication of the risk society framework for Vietnamese environmental law is the need to reposition environmental liability from a reactive instrument of harm compensation to a

proactive instrument of risk governance. This repositioning requires a fundamental reconfiguration of the trigger for legal liability: from the materialization of harm to the creation of unacceptable risk. Legal systems in several advanced jurisdictions have begun to make this transition through mechanisms including mandatory risk assessment, environmental bonding and financial assurance requirements, environmental insurance obligations, and precautionary cessation orders (Faure & Hartlief, 2006). In the Vietnamese context, this transition could be effected through the development of a risk-based licensing regime in which the environmental license not only governs conduct during operation but also establishes the operator's financial and legal obligations in respect of future environmental harm, including harm that may not be attributable to fault.

6.2 Strengthening Strict Liability for High-Risk Activities

Vietnamese law should strengthen and systematize strict liability, independent of fault, for operators of activities carrying a high inherent risk of environmental harm. The existing strict liability provision in Article 601 of the Civil Code 2015, applicable to hazardous sources of danger, provides a doctrinal foundation that could be developed into a comprehensive strict environmental liability regime for designated high-risk activities, modeled in part on the ELD's Annex III approach. Such a regime would need to specify the categories of activity subject to strict liability, the scope of harm covered including pure ecological damage, the available defenses, and the relationship between strict civil liability, administrative remediation obligations, and criminal liability. In adapting this model to Vietnam, it is important to recognize that strict liability is not a simple transplant: its effectiveness depends on institutional infrastructure for environmental damage assessment, regulatory capacity for enforcement, and financial mechanisms such as insurance and bonding to ensure that the operators subject to strict liability are capable of discharging their obligations.

6.3 Recognizing and Protecting Pure Ecological Damage

A theoretically significant implication of the risk society framework is the need for Vietnamese law to develop a robust legal concept of pure ecological damage and institutional mechanisms for its protection. This requires addressing the standing problem: who may assert a claim on behalf of damaged ecosystems, and on what legal basis? Several theoretical models are available, including the recognition of the environment as a legal subject capable of bearing rights, the assignment of representational standing to designated public bodies or civil society organizations, and the development of class action or public interest litigation mechanisms for environmental claims (Stone, 1972; Fisher, 2001). The LOEP 2020 contains elements of an environmental public interest protection mechanism, including provisions for environmental remediation obligations enforceable by state authorities. However, the theoretical development of a comprehensive pure ecological damage liability regime remains an important direction for future legislative and doctrinal work. In considering international models, the Vietnamese experience suggests that institutional design must account for the relative weakness of civil society organizations and the importance of state enforcement capacity in the Vietnamese legal context.

6.4 Reforming Causal Attribution and Burden of Proof

The theoretical difficulties of causal attribution in environmental cases justify specific reforms to the evidentiary framework governing environmental liability in Vietnam. The current general civil procedure rule placing the burden of proof on the plaintiff is not inappropriate as a general default but is inadequate as the exclusive rule in environmental cases characterized by structural informational asymmetry. A theoretically defensible reform would introduce context-specific presumptions of causation for defined categories of environmental case, reversing or sharing the burden of proof where the defendant possesses superior access to the relevant information and where the scientific evidence establishes a significant probability of causal connection. Such a reform is consistent with the precautionary principle and with developments in comparative environmental law (de Sadeleer, 2002). The Indonesian experience of introducing the precautionary principle into civil court adjudication of

environmental cases provides a proximate comparative reference point, given the shared civil law tradition and developing country context (Aminudin et al., 2021).

6.5 Integrating Environmental Liability with Systemic Risk Management

In the risk society framework, environmental liability cannot function effectively as an isolated legal mechanism. Its effectiveness depends on integration with a broader system of environmental risk governance including environmental impact assessment, strategic environmental assessment, environmental licensing, financial assurance mechanisms, and environmental restoration funds. Vietnamese law under the LOEP 2020 has made significant progress in developing these systemic instruments, but their theoretical and operational integration with the liability framework remains incomplete. More specifically, environmental impact assessment should be understood not merely as a pre-authorization procedure but as a document that generates baseline data for subsequent liability assessment, defines the limits of the operator's license, and specifies the financial security obligations required to ensure the availability of resources for remediation. Environmental insurance and environmental restoration funds represent complementary mechanisms that address the practical limitation of relying on individual operator solvency to ensure the discharge of environmental liability obligations, particularly in the context of long-latency harms where the responsible operator may no longer exist at the time harm materializes.

6.6 Ensuring Coherence Among Liability Regimes

The theoretical incoherence among civil, administrative, criminal, and remediation liability in Vietnamese environmental law generates practical problems of overlap, duplication, and enforcement gaps. A theoretically unified framework would establish clear relationships among these regimes, specifying the conditions under which each regime applies, the relationship between administrative remediation obligations and civil compensation claims, the interaction between criminal prosecution and civil liability, and the allocation of primary and residual remediation responsibilities among operators, the state, and the environmental restoration fund. This theoretical unification does not require a single consolidated statute but rather a clear legal theory of the relationship among the existing regimes, expressed in legislative provisions, judicial guidelines, and academic doctrine. The EU experience with the ELD, which explicitly distinguishes its scope from criminal liability and from traditional civil law damage claims, provides one model for this theoretical demarcation, though its transposition to the Vietnamese context requires adaptation to the different institutional architecture of Vietnamese law.

6.7 Expanding Access to Environmental Justice

Finally, the risk society framework's emphasis on the structural inequality between risk-generators and risk-bearers implies a direct obligation to reform mechanisms of access to environmental justice in Vietnam. This requires expanding the categories of legal standing to assert environmental claims, developing procedural mechanisms for collective and representative environmental litigation, investing in institutional capacity for independent environmental monitoring and evidence generation, and ensuring that affected communities have access to legal assistance in environmental disputes. Civil society organizations, while operating under regulatory constraints in Vietnam, have begun to play a role in environmental advocacy and dispute resolution that warrants appropriate legal recognition and support. More importantly, state agencies, including the environmental prosecution function and the environmental remediation authority, must be equipped with the institutional capacity and legal tools to enforce environmental liability obligations effectively on behalf of the public interest.

7. Conclusion

This article has argued that environmental liability in the contemporary period cannot be theoretically adequate if it remains confined to the reactive, fault-based model of traditional civil law. Beck's concept of the risk society identifies a structural transformation in the character of environmental harm: modern ecological risks are transboundary, cumulative, scientifically uncertain, and produced by complex sociotechnical systems that resist attribution to individual fault. This structural transformation demands a corresponding transformation in the theoretical architecture of environmental liability, repositioning it as an instrument of prospective risk governance, precautionary prevention, ecological restoration, and environmental justice.

The analysis of Vietnamese environmental law reveals that significant legislative development has occurred, particularly through the LOEP 2020 and its incorporation of key environmental principles. Nevertheless, the theoretical framework of Vietnamese environmental liability retains structural features that limit its capacity to address risk-based, complex, and ecologically diffuse harms. The fault orientation of civil liability, the absence of a fully developed concept of pure ecological damage, the evidentiary barriers to causal attribution, and the theoretical incoherence among the multiple liability regimes collectively constitute a system that reacts to environmental harm after it has occurred, rather than governing the risks that produce it. These are not merely technical deficiencies: they reflect a deeper theoretical commitment to the retrospective corrective justice model that the risk society paradigm renders inadequate.

The theoretical contributions of this article are twofold. First, it provides a systematic application of risk society theory to the conceptualization of environmental liability, demonstrating the specific doctrinal implications of that theory for civil, administrative, criminal, and remediation liability. Second, it applies this theoretical framework to a critical analysis of Vietnamese environmental law, identifying structural deficiencies that are theoretically grounded rather than merely descriptive, and proposing directions for reform that are theoretically coherent and contextually sensitive.

Future research should extend this analysis through comparative study of the environmental liability frameworks of the European Union, China, Japan, and selected ASEAN states, examining the extent to which these systems have operationalized risk society principles and the conditions under which their solutions may be transferred to or adapted by the Vietnamese legal system. Particular attention should be given to the institutional prerequisites for effective environmental liability governance, including regulatory capacity, judicial expertise, civil society engagement, and the financial mechanisms required to ensure the practical discharge of environmental liability obligations in conditions of uncertainty and long temporal horizons.

References

Beck, U. (1992). *Risk society: Towards a new modernity* (M. Ritter, Trans.). Sage Publications. (Original work published 1986)

Beck, U. (1999). *World risk society*. Polity Press.

Bergkamp, L. (2001). *Liability and environment: Private and public law aspects of civil liability for environmental harm in an international context*. Kluwer Law International.

Bergkamp, L., & Goldsmith, B. J. (Eds.). (2013). *The EU Environmental Liability Directive: A commentary*. Oxford University Press.

de Sadeleer, N. (2002). *Environmental principles: From political slogans to legal rules*. Oxford University Press.

European Union. (2004). *Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage*. Official Journal of the European Union, L 143, 56–75.

Faure, M., & Hartlief, T. (Eds.). (2006). *Financial compensation for victims of catastrophes: A comparative legal approach*. Springer.

Fisher, E. (2001). Is the precautionary principle justiciable? *Journal of Environmental Law*, *13*(3), 315–334. [*Note: bibliographic details to be verified against journal database*]

Giddens, A. (1999). *Runaway world: How globalisation is reshaping our lives*. Profile Books.

Howarth, W. (2009). Aspirations and realities under the Water Framework Directive: Proceduralisation, participation and practicalities. *Journal of Environmental Law*, *21*(3), 391–417. [*Note: bibliographic details to be verified against journal database*]

Luhmann, N. (1993). *Risk: A sociological theory* (R. Barrett, Trans.). Aldine de Gruyter. (Original work published 1991)

Mai, T. T. D., Nguyen, M. K., & Phan, T. T. H. (2021). Integrating environmental requirements into Vietnamese sectoral laws: Some legal issues. *Environmental Policy and Law*, *51*(1–2), 21–34. https://doi.org/10.3233/EPL-201010

Marshall, B. K. (1999). Globalisation, environmental degradation and Ulrich Beck's risk society. *Environmental Values*, *8*(2), 253–275. https://doi.org/10.3197/096327199129341824

Mythen, G. (2004). *Ulrich Beck: A critical introduction to the risk society*. Pluto Press.

Nguyen, T. H. (Ed.). (2021). *Luật bảo vệ môi trường: Bình luận khoa học* [Law on Environmental Protection: Scientific commentary]. Nhà xuất bản Tư pháp. [*Note: bibliographic details to be verified*]

Precautionary principle in the court settlement of civil environmental cases — Aminudin, C., Fakhriah, E. L., Nurlinda, I., & Ikhwansyah, I. (2021). *Environmental Policy and Law*, *51*(3), 167–176. https://doi.org/10.3233/EPL-210017

Socialist Republic of Vietnam. (2015). *Bộ luật Dân sự* [Civil Code], Law No. 91/2015/QH13.

Socialist Republic of Vietnam. (2015, amended 2017). *Bộ luật Hình sự* [Penal Code], Law No. 100/2015/QH13, amended by Law No. 12/2017/QH14.

Socialist Republic of Vietnam. (2020). *Luật Bảo vệ môi trường* [Law on Environmental Protection], Law No. 72/2020/QH14.

Stone, C. D. (1972). Should trees have standing? Toward legal rights for natural objects. *Southern California Law Review*, *45*, 450–501.

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

NANOMATERIALS FOR ENVIRONMENTAL REMEDIATION: CONCEPT AND CASE STUDIES

Dr. Suresh Kumar

Department of Physics, MM Engineering College, Maharishi Markandeshwar (Deemed to be University), Mullana, Ambala, 133207, Haryana, India

ORCID: 0000-0002-1623-3349

ABSTRACT

Escalating environmental contamination poses a serious threat to public health, ecological balance, and global biodiversity, demanding the development of innovative and sustainable remediation strategies. In this context, nanotechnology has gained prominence as an advanced approach for pollution control, owing to the unique physicochemical characteristics of nanomaterials. This review presents a comprehensive overview of nanomaterial-based remediation, emphasizing fundamental concepts, practical applications, and insights drawn from selected case studies. The high surface-to-volume ratio and adjustable surface chemistry of nanomaterials enable enhanced reactivity, adsorption, and catalytic efficiency. Materials such as titanium dioxide nanoparticles, carbon nanotubes, and nanoscale zero-valent iron have demonstrated significant potential in the treatment of contaminated water, air, and soil systems. Furthermore, the integration of nanomaterials into composite structures offers improved remediation performance through synergistic interactions.

Keywords: Environmental Contamination, Nanotechnology, Nanomaterials, Remediation

INTRODUCTION

Human health, ecosystems, and biodiversity are at risk due to environmental pollution, which is a significant global issue of the modern age. Pollution occurs when harmful substances or energy enter air, water, and soil at levels that pose a threat to living organisms and ecosystems (Khin et al., 2012).

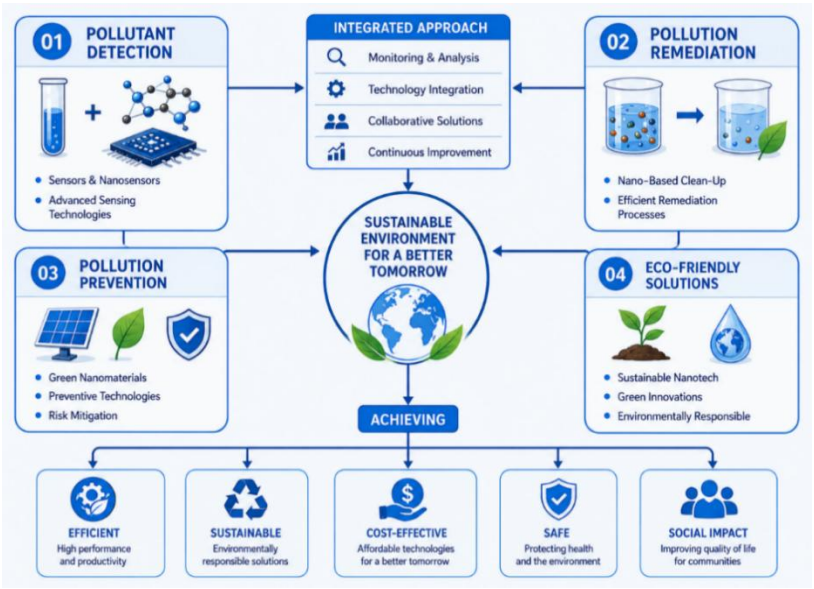


Fig. 1. Sustainable environmental nanotechnology for a better tomorrow

Industrial emissions, vehicular exhaust, agricultural chemicals, rapid urbanization, and inadequate waste management are the primary sources of pollution. Water pollution poses a threat to aquatic ecosystems and drinking water supplies, while air pollution causes respiratory and cardiovascular diseases and climate change (Rajput et al., 2022). Human health is negatively affected by soil pollution, which reduces agricultural productivity and introduces harmful substances into the food chain. Conventional remediation approaches lean on harsh chemicals, end up taking a large amount of energy, and can disturb ecosystems a lot (Khin et al., 2012). At the same time, environmental nanotechnology feels like a more promising opening, because it takes advantage of those remarkable traits of nanomaterials to spot , and even stop harmful pollutants. Nowadays, greener and more planet friendly paths are being chased more and more, mostly through environmental nanotechnology (Fig. 1). It is meant to detect, prevent, and in some cases remove environmental contaminants using nanomaterials or nanoscale methods.eu. The area's capacity to provide cost effective , and eco friendlier approaches for environmental cleanups has pulled in a lot of attention during recent years.

2. BASIS OF ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY

Environmental nanotechnology utilizes the unique physicochemical properties of engineered nanomaterials to address environmental challenges through sustainable and environmentally compatible approaches.

2.1. Nanoscale Phenomena and Size-Dependent Properties

Nanomaterials (1-100 nm) possess high surface-area-to-volume ratios and unique size-dependent properties that enhance adsorption, reaction kinetics, and catalytic activity. These characteristics make them highly effective for pollutant degradation and environmental remediation.

2.2. Surface Engineering and Functionalization of Nanomaterials

Surface functionalization with thiol (-SH), amino (-NH_2), and carboxyl (-COOH) groups improves pollutant selectivity, adsorption capacity, stability, dispersibility, and compatibility with treatment systems.

2.3. Enhanced Reactivity and Catalytic Performance of Nanomaterials

Nanomaterials exhibit superior catalytic activity due to abundant reactive sites. Metal nanoparticles, metal oxides, and carbon-based nanomaterials efficiently degrade contaminants under mild conditions while reducing energy consumption and treatment time.

2.4. Nanotechnology-Enabled Sensing and Selective Pollutant Detection

Advanced nanosensors based on nanowires, quantum dots, carbon nanotubes, and nanostructured films enable highly sensitive, selective, and near real-time detection of environmental pollutants.

2.5. Sustainable Design and Green Synthesis Approaches

Green synthesis methods emphasize renewable resources, eco-friendly solvents, minimal waste generation, and the development of recyclable, biodegradable, and low-toxicity nanomaterials.

2.6. Safe-by-Design Strategies and Risk Assessment Frameworks

Safe-by-design principles focus on controlling particle properties to minimize toxicity, bioaccumulation, and environmental persistence. Risk assessments evaluate ecological, occupational, and end-of-life impacts.

2.7. Operational Efficiency and Economic Viability of Nanotechnologies

The high reactivity, multifunctionality, and reusability of nanomaterials improve remediation efficiency, lower operational costs, and support large-scale environmental applications through integration with existing treatment systems.

Table 1 Key features of nanomaterials used for environmental remediation

Key Principle	Main Features
Nanoscale Properties	High surface area, enhanced reactivity, size-dependent effects
Surface Functionalization	Improved selectivity, stability, and pollutant adsorption
Catalytic Performance	Rapid degradation, high efficiency, lower energy demand
Advanced Nanosensors	Real-time monitoring, trace pollutant detection
Green Synthesis	Eco-friendly processes, recyclable and biodegradable materials
Safe-by-Design	Reduced toxicity, risk assessment, and environmental safety
Operational Efficiency	Reusability, cost-effectiveness, scalable remediation

3. MAJOR APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY IN ENVIRONMENTAL REMEDIATION

Environmental nanotechnology provides advanced solutions for pollution prevention, monitoring, and remediation. Owing to their unique physicochemical properties, nanomaterials enhance contaminant removal and promote sustainable environmental management (Qu et al., 2013).

3.1. Air Pollution Control and Remediation

Nanotechnology contributes to air purification through the use of nanofilters, nanocatalysts, and functional coatings. These materials effectively capture and degrade volatile organic compounds (VOCs), toxic gases, and particulate matter, leading to cleaner air and reduced environmental impacts.

3.2. Water Purification and Remediation

Nanomaterials such as metal oxide nanoparticles, carbon nanotubes, graphene-based materials, and nanocomposites are widely used to remove heavy metals, dyes, pesticides, pharmaceutical residues, and other contaminants from water. Their high surface area and catalytic activity enable efficient adsorption, filtration, and degradation processes, thereby improving water quality.

3.3. Soil Remediation and Restoration

Nanomaterials, including nanoscale zero-valent iron (nZVI) and metal oxide nanoparticles, are employed to immobilize, degrade, or remove heavy metals, hydrocarbons, pesticides, and other soil

contaminants. Their high reactivity enables efficient remediation while preserving soil structure and microbial activity.

4. BENEFITS OF ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY

Environmental nanotechnology improves pollution control through highly efficient and sustainable treatment methods. Nanomaterials possess large surface areas and high reactivity, enabling the selective removal of pollutants such as heavy metals, dyes, and organic contaminants. Their enhanced adsorption and catalytic properties support rapid treatment and real-time environmental monitoring through advanced nanosensors. Many nanotechnology-based processes operate under mild conditions, reducing energy consumption and chemical usage. Green synthesis, recyclability, and resource recovery promote environmental sustainability. Additionally, the high efficiency, reusability, and compatibility of nanomaterials with existing treatment systems lower operational costs and support scalable, large-scale environmental remediation applications. Fig. 2 represents the different benefits of environmental nanotechnology.

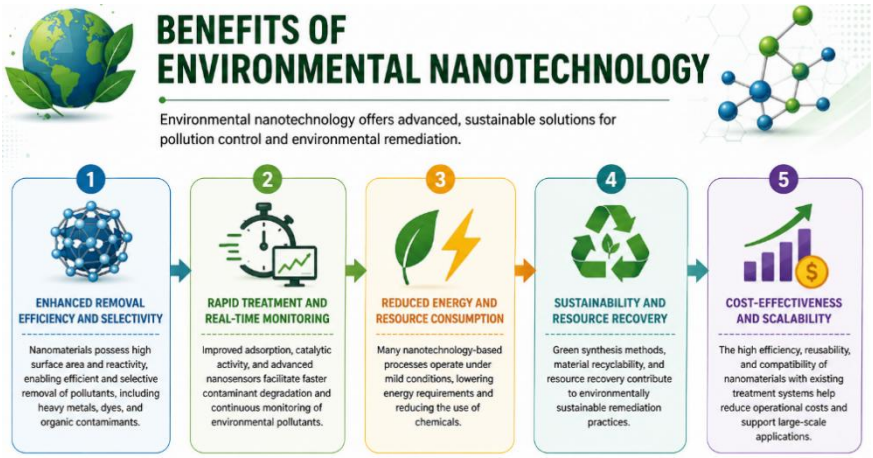


Fig. 2. Broader applications of environmental nanotechnology

5.1 CASE STUDY: AIR REMEDIATION

Urban air pollution from NO_x, VOCs, and particulate matter presents major health challenges. Nanotechnology offers effective remediation through advanced photocatalytic and adsorption processes. In this case study, TiO_2 nanoparticles immobilized on building surfaces and filters degraded gaseous pollutants under sunlight, while functionalized carbon nanotubes (CNTs) enhanced the adsorption of VOCs and fine particles. TiO_2-coated surfaces achieved 60-75% pollutant reduction, and CNT-based filters removed 70-85% of VOCs and particulates. The hybrid TiO_2-CNT system delivered 85-90% overall removal efficiency, reduced filter saturation, and extended operational life, demonstrating strong potential for urban air purification applications.

Table 2. TiO_2, CNTs, TiO_2-CNT systems for air remediation

Parameter	TiO_2 NPs	CNTs	TiO_2-CNTs system
Primary Mechanism	Photocatalytic oxidation	Adsorption and filtration	Combined photocatalysis and adsorption
Target Pollutants	NO_x, SO_2, VOCs	VOCs, $PM_{2.5}$, PM_{10}	NO_x, VOCs, particulate matter
Energy Requirement	Sunlight/UV irradiation	Very low	Reduced overall energy demand
Removal Performance	High for gaseous pollutants (≈60-75%)	High for VOCs and particulates (≈70-85%)	Very high overall efficiency (≈85-90%)
Operational Advantages	Moderate filter lifetime; High sustainability	Moderate filter lifetime; Moderate-high sustainability	Extended filter lifetime; High sustainability
Primary Mechanism	Photocatalytic oxidation	Adsorption and filtration	Combined photocatalysis and adsorption

5.2 CASE STUDY: WATER REMEDIATION

Water contamination from industrial effluents and urban runoff is a major environmental concern. Conventional treatment technologies often suffer from high costs and limited efficiency. Nanomaterials such as TiO_2 nanoparticles and carbon nanotubes (CNTs) provide effective alternatives due to their high surface area and reactivity.

In this case study, wastewater containing methylene blue dye, phenolic compounds, and trace levels of Pb^{2+} and Cd^{2+} was treated using a TiO2-CNT system (Fujishima et al., 2000; Liu et al., 2011; Chong et al., 2010). TiO_2 nanoparticles acted as photocatalysts under sunlight, degrading over 85% of organic pollutants, while CNTs removed 70-80% of heavy metals through adsorption. The combined system achieved more than 90% overall pollutant removal, demonstrating its potential for efficient and sustainable water remediation.

Table 3. TiO_2, CNTs, TiO_2-CNT systems for water remedioation

Parameter	TiO_2 NPs	CNTs	TiO_2-CNTs system
Remediation Mechanism	Photocatalytic degradation	Adsorption	Combined photocatalysis and adsorption
Target Contaminants	Organic dyes and organics	Heavy metals and residual organics	Mixed organic and inorganic pollutants
Removal Performance	High degradation efficiency	High adsorption capacity	Superior overall pollutant removal (>90%)
Energy & Sustainability	Sunlight/UV driven; high sustainability	Low energy requirement; moderate-high sustainability	Reduced energy consumption; high sustainability
Key Limitation	Limited heavy metal removal	No contaminant degradation	Nanomaterial recovery and reuse challenges
Remediation Mechanism	Photocatalytic degradation	Adsorption	Combined photocatalysis and adsorption

5.3 CASE STUDY: SOIL REMEDIATION

Soil contamination by heavy metals and persistent organic pollutants is a major environmental issue. This review examines the remediation potential of nanoscale zero-valent iron (nZVI), CNTs, and a hybrid nZVI-CNT system for industrial soils contaminated with Cr(VI), Pb, and chlorinated organic compounds, highlighting their effectiveness in pollutant removal *(*Zhang, 2003; Karn et al., 2009; Liu et al., 2011).

Table 4. Iron NPs, CNTs, nZVI-CNT systems for soil remediation

Parameter	**Iron NPs**	**CNTs**	**Iron-CNT system**
Primary Mechanism	Reduction and immobilization	Adsorption	Combined reduction and adsorption
Cr(VI) Removal Efficiency	High (≈80-85%)	Low	Very high (≈85-90%)
Pb Removal Efficiency	Moderate (≈50-60%)	Moderate-high (≈60-75%)	High (≈80-90%)
Organic Pollutant Removal	Limited	High	High
Overall Performance	Moderate contaminant rebound	Low-moderate contaminant rebound	low contaminant rebound & enhanced efficiency

The nZVI-CNT hybrid system showed superior remediation performance, achieving 85-90% Cr(VI) reduction and 80-90% Pb removal. While nZVI effectively reduced Cr(VI) and CNTs adsorbed metals and organics, their combination enhanced contaminant stabilization, minimized rebound effects, and preserved soil properties and microbial activity.

6 Conclusion

Environmental nanotechnology provides an effective and sustainable solution for water, air, and soil remediation. Nanomaterials such as TiO_2, CNTs, and nZVI enhance pollutant removal efficiency, while hybrid nanocomposites outperform individual materials. Future progress requires addressing scalability, recovery, ecotoxicity, and regulatory challenges through safe-by-design and life-cycle approaches.

REFERENCES

- Khin, M. M, Nair, A. S., Babu, V. J., Murugan, R., & Ramakrishna, S. (2012). A review on nanomaterials for environmental remediation. Energy Environ Sci. 5, 8075-8109.
- Rajput, V. D., Minkina, T., Upadhyay, S.K., Kumari, A., Ranjan, A., & Mandzhieva. S. (2022). Nanotechnology in the restoration of polluted soil. Nanomaterials (Basel), 12(5), 769.
- Theron, J., Walker, J. A., & Cloete, T. E. (2008). Nanotechnology and water treatment: Applications and emerging opportunities. Crit Rev Microbiol., 34, 43-69.
- Qu, X., Alvarez, P. J. J., & Li, Q. (2013). Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. Water Res., 47, 3931-3946.
- Fujishima, A., Rao, T. N., & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis. J Photochem Photobiol C Photochem Rev., 1(1), 1-21.
- Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K, & Saint, C. (2010). Recent developments in photocatalytic water treatment technology. Water Res. 44(10), 2997-3027.
- Karn, B., Kuiken, T., & Otto, M. (2009). Nanotechnology and in situ remediation: Benefits and risks. Environ Health Perspect., 117(12), 1823-1831.
- Liu, Y., Gao, Y., Wang, J., & Xu, H. (2011) Adsorption of heavy metals and organic pollutants by carbon nanotubes: A review. J Hazard Mater., 86(2-3),108-115.
- Zhang, W. X. (2003). Nanoscale iron particles for environmental remediation. J Nanopart Res. 5, 323-332.

EFFECTS OF PARTICIPATION IN ALTERNATIVE EXTENSION APPROACHES ON SMALLHOLDER RICE FARMERS' OUTPUT IN NIGER STATE, NIGERIA

N. Saidu; J. H. Tsado; A. Abdullahi

Federal University of Technology Minna, Niger State

Department of Agricultural Extension and Rural development

Abstract

This study examined the effects of participation in alternative extension approaches on smallholder rice farmers' output in Niger State, Nigeria. Specifically, the study assessed the level of farmers' participation in alternative extension approaches and determined the effects of participation on rice output. A three-stage sampling technique was adopted to select 239 registered rice farmers from three agricultural zones of the State. Primary data were collected through structured questionnaires and interview schedules. Descriptive statistics and multiple regression analysis were used for data analysis. The findings revealed high participation of farmers in public, public–private and digital extension approaches, particularly in out-growers' contract schemes (98.7%), rice output aggregation (98.7%) and mobile SMS-based advisory services (97.5%). The level of participation was generally high across most extension approaches. The semi-log regression model was selected as the lead equation with an R^2 value of 0.5753, indicating that 57.5% of the variation in rice output was explained by the explanatory variables. Duration of participation, access to extension materials, exposure to demonstration plots, use of WhatsApp/social media and education significantly increased rice output, while farming experience negatively influenced output. The study concluded that alternative extension approaches significantly improved rice farmers' productivity. The study recommended strengthening digital extension platforms, expanding demonstration-based learning and promoting long-term farmer participation in extension programmes to enhance rice productivity and food security in Nigeria.

Keywords: Participations, Alternative, Approaches, Rice farmers, Output

INTRODUCTION

Rice has become one of the most important staple foods in the world, serving as a major source of calories and household income for millions of people, particularly in developing countries. In sub-Saharan Africa, the demand for rice has increased rapidly due to population growth, urbanisation and changing consumption patterns. Nigeria remains the largest producer and consumer of rice in Africa, yet domestic production has continued to lag behind national demand despite several policy interventions and agricultural development programmes aimed at improving productivity among smallholder farmers (Arouna *et al.*, 2021). The inability of local production systems to meet growing consumption needs has sustained dependence on rice imports and heightened concerns regarding food security, rural poverty and agricultural sustainability.

Smallholder farmers dominate rice production in Nigeria and contribute substantially to rural livelihoods, employment generation and national food supply. However, many of these farmers operate under severe production constraints, including limited access to improved technologies, inadequate extension support, poor market integration, rising production costs and weak institutional services (Ragasa *et al.*, 2020). These challenges have contributed to low productivity, inefficient resource utilisation and unstable farm income among rural households. Among these limitations, inadequate access to effective agricultural extension services remains a major factor constraining technology adoption and improved farm performance.

Agricultural extension services play an important role in facilitating knowledge transfer, improving farm management practices and strengthening farmers' decision-making capacity. Conventional public extension systems were originally designed to disseminate agricultural innovations and provide

technical support to farmers through direct interactions with extension agents. Although these systems contributed significantly to agricultural transformation in earlier decades, their effectiveness has weakened over time due to poor funding, inadequate staffing, weak institutional coordination and limited outreach capacity (Takahashi *et al*., 2020). In many developing countries, including Nigeria, the ratio of extension agents to farmers remains extremely low, reducing the frequency and quality of farmer-extension interactions. Consequently, many smallholder farmers continue to rely on informal information sources that may not adequately address emerging production challenges.

The limitations associated with conventional public extension systems have stimulated growing interest in alternative extension approaches that are more participatory, market-oriented and demand-driven. These approaches include Farmer Field Schools (FFS), participatory extension approaches, contract farming arrangements, private extension services, video-mediated advisory systems and cost-sharing extension models. Unlike traditional top-down extension systems, alternative approaches emphasize farmer participation, experiential learning, private sector involvement, peer-to-peer interaction and the integration of digital communication tools (Taylor and Bhasme, 2018). They are increasingly viewed as important mechanisms for improving technology dissemination, strengthening market access and enhancing the productivity of smallholder farmers.

Empirical evidence suggests that participation in alternative extension approaches can improve farmers' adoption of improved technologies, crop management practices and market participation. Digital advisory platforms and video-mediated extension services have been associated with increased access to timely production information, weather forecasts and pest management recommendations, thereby improving farm efficiency and reducing production risks (Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation TCARC), 2019). Similarly, contract farming and privatized extension services have enabled farmers to access inputs, credit facilities and output markets that support higher productivity and income generation. Studies have shown that farmers participating in alternative extension programmes often achieve higher yields and improved household welfare compared with non-participants (Anyaegbunam *et al*., 2019; Sheu *et al*., 2021).

Despite the growing relevance of alternative extension approaches, participation among smallholder rice farmers remains uneven and influenced by socio-economic, institutional and infrastructural factors. Access to information, education level, farm size, income status, institutional trust and availability of digital infrastructure affect farmers' ability and willingness to participate in these programmes. In many rural communities, weak institutional coordination, poor internet connectivity and inadequate financial resources continue to limit effective participation and reduce the potential benefits of these extension models. Furthermore, empirical evidence examining the effects of participation in alternative extension approaches on rice output and farm income remains limited in several parts of Nigeria.

Existing studies (Taylor and Bhasme, 2018; Cole and Fernando, 2021) have largely focused on technology adoption and productivity outcomes without adequately examining the broader implications of farmers' participation intensity across different alternative extension models. In addition, comparative evidence on how participation influences rice output and farm income among smallholder farmers is still insufficient, particularly within heterogeneous rural production environments. This creates an important research gap requiring empirical investigation. Against this background, this study examines the effects of participation in alternative extension approaches on smallholder rice farmers' output and income in Niger State, Nigeria. Specifically,

- the study assesses the level of farmers' participation in alternative extension approaches and
- determines the effects of participation on rice output among smallholder farmers.

METHODOLOGY

The study was carried out in Niger State, Nigeria. The State was created out of the former North Western State and became a fully autonomous State on 3rd February, 1976, with headquarter at Minna. Niger State is located in Guinea Savanna Ecological Zone of Nigeria and lies between latitude 10° 00' North and longitude 63° 00' east of the equator. It has a population of 3,954,772 with a growth rate of 2.5%,

the State was estimated to have a population of 7,420,247 in 2024. Niger State accounts for 2.8% of Nigeria's total population (National Population Commission, 2013). The State presently comprises of 25 Local Government Areas (LGAs) and it is made up of three major ethnic groups which are the Nupe, Gbagyi and Hausa.

Sampling Procedure and Sample Size

The population for this study consists of rural farmers' rice production in Niger State. Three stage sampling technique was adopted for this study. Niger State is divided into three Agricultural zones which are Zone I, Zone II and Zone III. The first stage involved random selection of one LGA from each of the zones to get 3 LGAs. In the second stage, three (3) villages were randomly selected from each of the selected LGAs to get 9 villages. The third stage involve proportionate selection of respondents with the use of Yamanne formula based on the sample frame of each village as obtained from Niger State Agricultural and Mechanization Development Authority (NAMDA). Thus, a total of 239 registered rice crop farmers was selected as respondents for this study. The Yamanne equation for appropriate sample size determination as used by Abdullahi and Mansor (2018) is mathematically expressed as:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (3.1)$$

Where;

n = samples size

N = finite population

e = limit of tolerable error (level of precision at 0.06 probability)

l = constant

Table 3.1: Sampling Outlay of Respondents in the Study Area

Zone	No. of LGA	Selected LGA	Selected Villages	Sampling Frame	Sample Size
I	8	Katcha	Baddegi	224	31
			Kateregi	198	27
			Kakakpagi	220	30
II	9	Shiroro	Kuta	141	19
			Erena	76	10
			Galadimakogo	104	14
III	8	Wushishi	Kanko	175	24
			Kwata	375	52
			Maitto	225	31
Total	**25**	**3**	**9**	**1738**	**239**

Source: Akintayo (2023)

Method of Data Collection

Primary data was used for this study. The data was collected through a structured questionnaire complemented with an interview schedule. The researcher was assisted by trained enumerators in the process of data collection. The data collected were analysed using descriptive and multiple regression analysis. The level of farmers' participation in alternative extension approaches was measured using 21 questions to generate responses from the respondents, the following decisions were derived as used by Gow *et al.* (2020), household head who scored between

0 – 5 = low

6 – 9 = Moderate

10 – 14 = High

Multiple regression model

Multiple regression analysis was used to achieve effect of participation in alternative extension approach on output of rice farmers. The generic model adopted for this study is specified in implicit form as:

$$Y_j = f(X_{1i}, X_{2i}\ X_{3i}, X_{4i}, X_{5i}, X_{6i}, X_{7i}, X_{8i}, X_{9i}\ X_{10i}, X_{13i}) \quad (1)$$

The functional forms were fitted to the data and a lead equation was chosen based on economic parameters. The explicit forms include the following

1. Linear:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \ldots\ldots + \beta_{13} X_{13} + e \quad (2)$$

2. Double logarithmic/Cobb-Douglass:

$$\ln Y = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 + \beta_5 \ln X_5 + \ldots\ldots\ \beta_{13} \ln X_{13} + e \quad (3)$$

3. Exponential

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \ldots\ldots + \beta_{13} X_{13} + e \quad (4)$$

4. Semi-logarithmic:

$$Y = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 + \beta_5 \ln X_5 + \beta_6 \ln X_6 + \ldots\ldots\ \beta_{13} \ln X_{13} + e \quad (5)$$

Y = Rice farmers' output measured in kilogram

X_1 = Frequency of contact from the AEA (Number);

X_2 = Numbers of alternative extension methods used (numbers);

X_3 = Duration of participation (number of days);

X_4 = Access to extension materials (Dummy);

X_5 = Exposure to demonstration plots (dummy);

X_6 = Peer to peer learning participation (dummy);

X_7 = Use of WhatsApp and social media for extension (dummy);

X_8 = Timeliness of information received (days from request to delivery);

X_9 = Age (years);

X_{10}= Education (years);

X_{11} = Household size (number of persons);

X_{12}= Farming experience (years); and

X_{13} = Membership of cooperative (dummy).

ei = Error term

Results and Discussion

4.2.1 Participation in alternative extension approaches by the respondents

The Table 1 presents the distribution of respondents based on their participation in various Alternative Extension Approaches, which is categorized into Public Extension which includes; outgrowers contract scheme, cooperative partnership, demonstrative trials, advisory technical services, market linkages and

fee for service. Public- Private Extension which includes; rice output aggregation, rice output bundling, input output linkages, joint training workshop, agricultural finance, agricultural insurance scheme, and participatory research. Finally, Digital Extension which also includes; mobile SMS using USSD codes, voice messages through call centers, mobile apps, social platforms, interactive audio response, interactive video response, digital finance platforms and online trainings/webinars.

public extension approaches

The Table 1 revealed that the majority (98.7%) of the respondents participated in the outgrowers' contract scheme, which indicates that the respondents are tied to structured value chains, providing high-quality inputs and guaranteed buy-back arrangements, which can stabilize income and reduce post-harvest losses. Also, majority (90.3%) participated in demonstrative trials, suggesting strong exposure to practical, field-based learning methods. Participation in advisory technical services was also high, with the majority (80.7%) of respondents benefiting from technical guidance. Majority (88.2%) participated in market linkage initiatives, while high engagement in fee for service (89.9%) is significant; it indicates that respondents are willing to pay for extension if they perceive value, a shift away from the traditional free government service model.

These findings indicate a shift toward market-oriented and demand-driven extension systems, which have been associated with improved commercialization and income outcomes in Nigerian rice production systems (Ragasa and Chapoto, 2022). However, participation in cooperative partnerships was with more than half (52.5%) of the respondents involved, which depicts that not all the respondents are fully engaged in cooperative-based public extension partnerships, potentially limiting collective bargaining benefits.

Public-private extension approaches

The result in Table 1 further show that the majority (98.7%) of the respondents participated in rice output aggregation, indicating widespread involvement in collective marketing arrangements facilitated by both public and private actors. Participation in rice output bundling revealed that the majority (73.5%) of the respondents, suggesting effective coordination of produce for storage, processing, or marketing. Aggregation and bundling allow smallholders to behave like large-scale commercial entities, attracting better prices from industrial millers. While the majority (86.1%) participated in input–output linkage programmes, which integrate access to inputs with guaranteed output markets. Joint capacity-building initiatives were also prominent, as the majority (87.0%) of respondents participated in joint training workshops.

In addition, the majority (87.0%) engaged in participatory research activities. These participatory approaches enhance farmers' skills, encourage innovation, and promote the adoption of context-specific technologies. Access to financial risk management tools was equally notable. The majority (86.1%) participated in agricultural finance schemes, while the majority (86.6%) engaged in agricultural insurance schemes. These institutional arrangements reduce financial vulnerability and encourage investment in improved rice production technologies, thereby supporting income growth (World Bank, 2021). According to Adebayo *et al.* (2022), Public-private partnerships in extension are increasingly effective in Nigeria, specifically in de-risking the rice value chain through integrated insurance and finance packages.

Digital extension approaches

The participation in digital extension approaches revealed in Table 1 was remarkably high, which reflected increase in the integration of information communication and technology into agricultural advisory systems. The majority (97.5%) of respondents accessed extension information through mobile SMS using USSD codes, highlighting the effectiveness of low-cost, non-internet-based digital tools among rural rice farmers. majority (91.2%) participated in interactive audio response programmes via

radio, while the majority (87.8%) accessed interactive video response via television. These platforms remain highly relevant in Nigeria due to their wide reach and ability to deliver timely production and market information (Aker *et al.*, 2021).

Furthermore, majority (85.3%) used mobile applications such as AgroMail and Esoko, while the majority (84.0%) relied on social media platforms for agricultural information. These tools facilitate real-time interaction, peer learning, and access to diverse information sources. The majority (86.1%) of the respondents utilized digital finance platforms, and majority (87.4%) participated in online trainings and webinars, indicating growing digital literacy and acceptance of virtual learning environments among rice farmers. Participation in voice messages through call centres was relatively lower, though still notable, with most (63.9%) of respondents using this channel. This suggests that while voice-based services are useful, farmers may prefer more interactive or multimedia-based digital extension tools.

Table 1: Distribution of respondents based on participation in alternative extension approaches (n=238)

Variables	Frequency*	Percentage
Public Extension		
Out-growers Contract Scheme	235	98.7
Cooperative Partnership	125	52.5
Demonstrative Trials	215	90.3
Advisory Technical Services	192	80.7
Market Linkages	210	88.2
Fee for Service	214	89.9
Public-Private Extension		
Rice Output Aggregation	235	98.7
Rice Output Bundling	175	73.5
Input Output Linkages	205	86.1
Joint Training Workshop	207	87.0
Agricultural Finance Scheme	205	86.1
Agricultural Insurance Scheme	206	86.6
Participatory Research	207	87.0
Digital Extension		
Mobile SMS using USSD Codes	232	97.5
Voice Messages Through Call Centers	152	63.9
Mobile Apps Like Agro Mail, Esoko	203	85.3
Social Platforms	200	84.0
Interactive Audio Response via Radio	217	91.2
Interactive Video Response via Tv	209	87.8
Digital Finance Platforms	205	86.1
Online Trainings/Webinars	208	87.4

Source: Field Survey,2025

***Multiple Responses were recorded**

Level of participation in alternative extension approaches

The result of the Likert type rating scale on the frequency of level of participation in alternative extension approaches as presented in Table 2 revealed that there is a general high level of perception among the respondents in the study area.

Level of participation in public extension approaches

The result revealed that out-growers' contract scheme ranked first, with the majority (95.8%) of respondents exhibiting a high level of participation ($\bar{X}$ = 2.96). This suggests that the relationship between the farmer and the private firm is the most influential driver of production. This intensity ensures that farmers follow strict agronomic protocols, which minimizes yield gaps. Demonstration trials ranked second, with the majority (83.2%) participating at a high level ($\bar{X}$ = 2.77). This reflects the effectiveness of hands-on, experiential learning in encouraging adoption of improved rice technologies. Market linkages also recorded a high level of participation, ranking third, as the majority (75.2%) of respondents were highly involved ($\bar{X}$ = 2.72). Strong market connections enable farmers to commercialize output efficiently, leading to improved income outcomes.

Fee-for-service extension ranked fourth ($\bar{X}$ = 2.34), with most (60.5%) participating at a moderate level. This suggests growing acceptance of demand-driven extension services, although cost considerations may limit full participation. Advisory and technical services ranked fifth ($\bar{X}$ = 2.20), dominated by most (66.4%) moderate participation. This indicates that while advisory services remain important, they may be less intensive compared to contract-based and market-oriented approaches. Cooperative partnership ranked sixth, with the majority (87.8%) participating at a moderate level ($\bar{X}$ = 2.05). This implies that cooperative involvement is widespread but often limited to routine activities rather than intensive engagement.

Level of participation in public-private extension approaches

The Table 2 revealed that Rice output aggregation ranked first, with the majority (96.2%) of respondents reporting high level of participation ($\bar{X}$ = 2.96). which revealed the high intensity of aggregation confirms that farmers are heavily reliant on collective selling to maximize profit. This reduces the power of middle-men who typically exploit individual smallholders. Input–output linkages ranked second ($\bar{X}$ = 2.80), dominated by the majority (92.4%), these linkages integrate access to quality inputs with assured output markets, reducing production and marketing risks. Agricultural finance scheme ($\bar{X}$ = 2.71) ranked third, with the majority (75.6%) participating at a high level to access finance through public–private mechanisms which enables farmers to invest in yield-enhancing technologies promoted through extension services.

Participatory research ranked fourth ($\bar{X}$ = 2.64) with the majority (66.4%) of respondents participating at a high level which indicates active farmer involvement in technology testing and adaptation, which enhances relevance and adoption. Agricultural insurance scheme ranked fifth ($\bar{X}$ = 2.34), with most (59.7%) which suggests growing awareness of risk management tools, though full uptake remains limited. Joint training workshops ranked sixth ($\bar{X}$ = 2.21), characterized by most (74.8%) moderate level of participation, indicating regular but not intensive engagement and rice output bundling ranked seventh ($\bar{X}$ = 2.04), with the majority (92.4%) participating at a moderate level, suggesting that bundling activities are common but not deeply integrated into farmers' production systems. According to Osabuohien *et al.* (2022) findings who reported that, Joint ventures in output aggregation increased the net profit margin of smallholder rice farmers by 18-22% due to improved quality control and bulk transport savings.

Level of participation in digital extension approaches

The Table 2 further revealed Mobile SMS was ranked first ($\bar{X}$ = 2.92) with the majority (92.0%) of respondents. This state the effectiveness of low-cost, non-internet-based digital tools in reaching rural rice farmers and ensures that farmers receive timely alerts about pests or weather, which is crucial for preventing yield loss. Mobile applications such as AgroMall and Esoko ranked second ($\bar{X}$ = 2.81), with the majority (81.5%) participating at a high level, which suggests a growing acceptance of app-based

advisory and market information services. Interactive audio response via radio ranked third ($\bar{X}$ = 2.72), dominated by the majority (75.6%), showed that radio remains a critical medium for agricultural information dissemination in Nigeria due to its accessibility.

Participation in digital finance platforms ranked fourth ($\bar{X}$ = 2.66), with the majority (67.2%) participating at a high level, indicating increasing integration of digital financial services into rice production systems. Online trainings and webinars ranked fifth ($\bar{X}$ = 2.38), characterized by more than half (55.0%) of the respondents which reflects moderate digital capacity constraints among farmers. Interactive video response via television ranked sixth ($\bar{X}$ = 2.38). Social media platforms ranked seventh ($\bar{X}$ = 2.21), dominated by most (71.0%) of the respondents, indicating that social media is supplementary rather than primary for extension delivery, and voice messages through call centers ranked eighth ($\bar{X}$ = 2.07), with the majority (84.5%) participating at a moderate level, suggesting lower preference compared to more interactive digital tools. This is similar to Arouna *et al.* (2021) in their study who confirmed that the intensity of digital tool usage, specifically USSD-based advice, is significantly linked to lower chemical residue levels and higher grain quality in rice farming.

Table 2: Distribution of respondents based on level of participation in alternative extension approaches (n=238)

Variables	L	M	H	WS	WM	RE	RA
Public Extension							
Out-growers Contract Scheme	0(0.0)	10(4.2)	228(95.8)	704	2.96	High	1st
Demonstration Trials	14(5.9)	26(10.9)	198(83.2)	660	2.77	High	2nd
Market Linkages	8(3.4)	51(21.4)	179(75.2)	647	2.72	High	3rd
Fee for Service	7(2.9)	144(60.5)	87(36.6)	556	2.34	High	4th
Advisory/Technical Services	16(6.7)	158(66.4)	64(26.9)	524	2.20	High	5th
Cooperative Partnership	8(3.4)	209(87.8)	21(8.8)	489	2.05	High	6th
Public-Private Extension							
Rice Output Aggregation	0(0.0)	9(3.8)	229(96.2)	705	2.96	High	1st
Input-Output Linkages	10(4.2)	220(92.4)	14(5.9)	667	2.80	High	2nd
Agricultural Finance Scheme	11(4.6)	47(19.7)	180(75.6)	645	2.71	High	3rd
Participatory Research	6(2.5)	74(31.1)	158(66.4)	628	2.64	High	4th
Agricultural Insurance Scheme	7(2.9)	142(59.7)	89(37.4)	558	2.34	High	5th
Joint Training Workshop	5(2.1)	178(74.8)	55(23.1)	526	2.21	High	6th
Rice Output Bundling	4(1.7)	220(92.4)	14(5.9)	486	2.04	High	7th
Digital Extension							
Mobile SMS Using USSD Codes	1(0.4)	18(7.6)	219(92.0)	694	2.92	High	1st
Mobile Apps like Agro Mall, Esoko,.	1(0.4)	43(18.1)	194(81.5)	669	2.81	High	2nd
Interactive Audio Response Via Radio	8(3.4)	50(21.0)	180(75.6)	648	2.72	High	3rd
Digital Finance Platforms	4(1.7)	74(31.1)	160(67.2)	632	2.66	High	4th
Online Trainings/Webinars	8(3.4)	131(55.0)	99(41.6)	567	2.38	High	5th
Interactive Video Response Via TV	2(0.8)	144(60.5)	92(38.7)	566	2.38	High	6th
Social Platforms	10(4.2)	169(71.0)	59(24.8)	525	2.21	High	7th
Voice Messages Through Call Centers	10(4.2)	201(84.5)	27(11.3)	493	2.07	High	8th

Source: Field Survey,2025

Decision rule:$\bar{X}$ >2= High, $\bar{X}$<2= Low

WS = Weighted Sum, WM = Weighted Mean, RE = Remark, RA = Rank, L = Low, M = Moderate and H = High

Regression estimate of the effects of participation in alternative extension approach on output of the respondents

Table 3 presents the results of a multiple regression analysis conducted to determine the effect of participation in alternative extension approaches on rice farmers output using four functional forms (linear, semi-log, double-log and exponential models). The semi-log model was chosen as the best fit lead for the interpretation, based on its superior explanatory power and the returned R-squared and adjusted R-squared values to other form, the coefficients in the functional form largely conformed to *a priori* expectations, displaying signs (positive or negative) that are logically consistent. The coefficient of determination (R-squared) was 0.5753, indicating that about 57.5% variation in rice output was explained by the explanatory variables included in the models. The adjusted R-squared (0.5332) further confirm the fitness of the models after adjusting for the number of predictors, while the F-statistics of 16.54 was statistically significant at the $p<0.01$ confirming that the independent variables jointly had a significant influence on rice output.

The coefficient of duration of participation was positive and statistically significant on rice output (0.0328, $p<0.05$). The result indicated a "learning-by-doing" effect. Farmers who have engaged with alternative extension over a longer period have mastered the techniques better than newcomers, which enhances farmers' cumulative learning, confidence, and consistency in applying recommended agronomic practices, resulting in steadily increasing rice output. Longer exposure allows farmers to internalize innovations such as improved seed selection, nutrient management, and water-use efficiency, whereas extension policies should prioritize long-term farmer engagement rather than short-term interventions. continuous participation can enhance technology retention and reinforces behavioral change among rice farmers. This is line with the study of Mwangi and Kariuki (2025) who indicated that the benefits of extension are cumulative; long-term participation builds the confidence necessary to invest in more expensive, high-yield inputs.

Table 3: Regression estimate on rice farmer's output participation in alternative extension approach

Variables	Linear	Semi – log	Double – log	Exponential
Constant	1235.037	7.147522	7.157072	1515.01
	(1.58)	(24.03)***	(10.03)***	(0.81)
Frequency of contact from AEA	1.76309	0.0004336	-0.0158725	-24.70328
	(0.12)	(0.08)	(-0.66)	(-0.39)
Alternative extension methods	-65.74747	-0.0276041	-0.0714666	-168.1088
	(-1.15)	(-1.27)	(1.00)	(-0.90)
Duration of participation	80.59463	0.032837	0.072862	172.0531
	(2.22)**	(2.39)**	(2.31)**	(2.07)**
Access to extension materials	542.3126	0.2369247	0.0501999	114.4066
	(5.27)***	(6.07)***	(5.89)***	(5.10)***
Exposure to demonstration plots	540.3444	0.1965537	0.0421973	116.8566
	(2.36)**	(2.26)**	(2.25)**	(2.36)**
Peer to peer learning participation	-472.5616	-0.1680829	-0.0398504	-110.0528
	(-2.50)***	(2.34)**	(-2.55)***	(-2.68)***
Use of WhatsApp/social media	273.4283	0.1031262	0.0219345	58.66513
	(1.85)*	(1.84)*	(1.77)*	(1.80)*
Timeliness of information	-3.080135	0.0012657	0.0065245	-21.69893
	(-0.17)	(0.18)	(0.13)	(-0.17)
Age	12.33739	0.0063951	0.2503381	485.3663
	(1.01)	(1.39)	(1.35)	(1.00)
Education	15.85427	0.0060727	0.0685505	180.1005
	(1.93)*	(1.95)*	(2.10)**	(2.10)**
Household size	10.16796	0.0023803	0.0149766	58.04215
	(0.64)	(0.39)	(0.37)	(0.54)
Farming Experience	-17.54308	-0.0066663	-0.096318	-267.8788
	(-1.77)*	(-1.77)*	(-1.72)*	(-1.82)*

Membership cooperative	364.1175	0.1937762	0.0538732	102.1877
	(0.94)	(1.32)	(1.63)	(1.18)
R^2	0.5414	0.5753	0.5741	0.5416
R^2 – adjusted	0.4974	0.5332	0.5319	0.4976
F – ratio	15.48***	16.54***	16.51***	15.49***

Source: Field Survey, 2025

Note: *** implies statistically significant at 1%, ** implies statistically significant at 5%, * implies statistically significant at 10%. Figures in parenthesis

The coefficient of access to extension materials was positive (0.2369, p<0.1) and highly statistically significant across all model. The result revealed that farmers who regularly accessed manuals, flyers, guides and digital advisory materials achieved higher rice output. Extension materials serve as a reference tool that helps reinforce trainings information and improve farmers application of fertilizers and chemicals. Extension systems should invest in context-specific, farmer-friendly materials, including mobile-based content and visual aids, particularly for rice-growing communities with varying literacy levels. This is in line with the study of Babu *et al*. (2021), who reported that having physical or digital guides reduces errors in the field, leading to higher technical efficiency and yield.

The coefficient of exposure to demonstration plots was positive (0.1966, p<0.05) and statistically significant effect on rice output. Demonstration plots provide experiential learning opportunities, allowing farmers to observe the performance of improved rice varieties under local conditions. This enhances confidence in innovations and reduces perceived production risks leading to higher output. Scaling up farmer field schools and demonstration plots should be a core strategy for promoting alternative extension approaches in rice production systems. According to Adeola *et al.* (2019) study, reported that demonstration-based learning has been shown to have a significant increase on rice productivity in Nigeria.

The coefficient of peer-to-peer learning was negative (-0.1681, p<0.05) and statistically significant on rice output. This revealed that informal peer learning sometimes disseminates inaccurate or outdated information, especially in the absence of professional moderation by extension agents. it may lead to the "diffusion of error" if farmers are sharing incorrect traditional practices rather than the scientifically backed methods provided by alternative extension approaches. While peer learning should be encouraged, it must be guided and supervised by trained extension personnel to ensure the accuracy and relevance of shared information. Abubakar and Mlozi (2025) warn that without expert supervision, peer networks can sometimes reinforce inefficient farming habits.

The coefficient of use of WhatsApp and other social media was positive (0.1031, p<0.01) and statistically significant on rice output. This revealed the growing role of digital extension in facilitating rapid information exchange, peer interaction and timely access to production and market information. Digital social platforms emerge as a significant driver of output, which allows for rapid problem-solving which prevent crop loss. Development agencies should integrate social media–based advisory services into extension delivery frameworks to complement conventional methods. In a similar finding, Kante *et al.* (2024) found that WhatsApp groups function as real-time extension and significantly reduce the time between a field problem and a technical solution.

The coefficient of education was positive (0.0061, p<0.01) and statistically significant on rice output. This indicated that educated farmers are able to comprehend extension messages and apply recommendations effectively. Extension programmes should seek to adopt simplified, inclusive communication strategies for less-educated farmers while promoting adult education and capacity-building initiatives. This is similar to Idrisa *et al.* (2021), who reported that education has consistently been linked to higher adoption of improved rice technologies in Nigeria.

The coefficient of farming experience was negative (-0.0067, p<0.01) and statistically significant on rice output. This revealed that more experienced farmers may be less receptive to accepting new extension messages due to reliance on traditional practices. This suggested that extension personnel

should design targeted sensitization strategies for more experienced farmers to address resistance to innovation and demonstrate economic benefits of improved practices. Abdulrahman *et al*. (2020) observed that in Nigerian rice farming systems experience farmer sometimes discourages innovation adoption.

Conclusion

The study established that smallholder rice farmers in Niger State recorded a high level of participation in public, public–private and digital alternative extension approaches. Out-growers' contract schemes, rice output aggregation and mobile SMS-based advisory services were the most utilised extension models among the respondents. The regression results further revealed that duration of participation, access to extension materials, exposure to demonstration plots, use of WhatsApp/social media and education significantly increased rice output, while peer-to-peer learning participation and farming experience negatively influenced output. The study therefore concludes that effective participation in alternative extension approaches contributes positively to improved rice productivity among smallholder farmers through enhanced access to information, practical learning and digital advisory support.

Recommendations

i. Government agencies, development partners and extension organisations should strengthen digital and demonstration-based extension systems by expanding access to mobile advisory platforms, farmer field schools and context-specific extension materials to enhance rice productivity among smallholder farmers.

ii. Extension service providers should ensure that peer-to-peer learning activities are professionally supervised and supported with accurate technical information to minimise the spread of misleading practices and improve farmers' adoption of recommended rice production technologies.

REFERENCES

Abdullahi, R., & Mansor, N. (2018). Fraud prevention initiatives in the Nigerian public sector: understanding the relationship of fraud incidences and the elements of fraud triangle theory. *Journal of Financial Crime, 25*(2), 527–544.

Abdulrahman, S., Hussaini, A. S., Oladimeji, Y. U. & Sanni, S. A. (2020). Determinants of rice farmers' investment in value addition and its effect on poverty status in Kebbi State, Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, *28*(1), 75–84.

Abubakar, A. S., & Mlozi, M. R. S. (2025). The role of social capital and peer networks in the adoption of alternative extension approaches among smallholders. Journal of Agricultural Education and Extension, 31(1), 15–32.

Adebayo, O. O., Otekunrin, O. A., & Raufu, M. O. (2022). Public-private partnership in agricultural extension: A pathway to food security. Sustainability, 14(18), 114–130.

Adeola, R. G., Adebayo, S. A., & Oyediran, W. O. (2019). Effectiveness of demonstration plots in promoting improved rice technologies in southwestern Nigeria. African Journal of Agricultural Research, 14(18), 789–798.

Aker, J. C., Ghosh, I., & Burrell, J. (2021). The promise and pitfalls of ICT-based agricultural extension services. World Development, 146, 105567.

Anyaegbunam, H. N., Mbanasor, J. A., & Okoye, B. C. (2019). Impact of public-private partnership on rice farmers' productivity and income in Anambra State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 23(3), 165–178. https://doi.org/10.4314/jae.v23i3.15

Arouna, A., Michler, J. D., & Yergo, W. G. (2021). Mobile phones for agricultural extension: Worldwide evidence and 88% yield increase in rice through RiceAdvice. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(25).

Babu, S. C., Joshi, P. K., & Glendenning, C. J. (2021). Information needs of farmers: A review of extension models and their impact on productivity. International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Cole, S. A., & Fernando, A. N. (2021). 'Mobile'izing agricultural advice technology adoption diffusion and sustainability. The Economic Journal, 131(633), 1922–219.

Gow, G., Chowdhury, A., Ramjattan, J., & Ganpat, W. (2020). Fostering effective use of ICT in agricultural extension: Participant responses to an inaugural technology stewardship training program in Trinidad. The Journal of Agricultural Education and Extension, 26(4), 335–350. https://doi.org/10.1080/1389224X.2020.1718720

Idrisa, Y. L., Ogunbameru, B. O., & Madukwe, M. C. (2021). Influence of farmers' education on adoption of improved rice varieties in Nigeria. Journal of Agricultural Extension, 25(1), 12–23.

Kante, M., Oboko, R., & Rodriguez, A. J. (2024). The role of social media in agricultural knowledge sharing: A case of smallholder farmers in developing regions. Information Technology for Development, 30(1), 12–34.

Mwangi, M., & Kariuki, S. (2025). Factors determining adoption of new agricultural technologies by smallholder farmers in developing countries. International Journal of Agricultural Research, 20(2), 101–118.

National Population Commission (2013). *Nigeria demographic and health survey 2013*. National Population Commission, ICF International.

Osabuohien, E., Okorie, U., & Efobi, U. (2022). Large-scale agricultural investments and smallholder farmers' welfare in Nigeria: The role of land use contracts. Land Use Policy,

Ragasa, C., & Chapoto, A. (2022). Moving beyond traditional extension approaches: Evidence from smallholder farmers in Africa. World Development, 149, 105680.

Ragasa, C., Ulimwengu, J., Randriamamonjy, J., & Badibanga, T. (2020). Factors affecting agricultural extension performance in Africa. World Development, 142, 105422.

Sheu, J. B., Olayemi, O. A., & Oyewole, S. O. (2021). Private agricultural extension services and farm performance: Evidence from rice farmers in Ogun State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 17(1), 1-11. https://doi.org/10.5897/AJAR2020.15235

Takahashi, K., Muraoka, R., & Otsuka, K. (2020). Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. Agricultural Economics, 51(1), 31–45.

Taylor, M., & Bhasme, S. (2018). Model farmers, extension networks, and the politics of agricultural knowledge transfer. Journal of Rural Studies, 64, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.09.015

Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (TCARC) (2019). *Digitalisation of agricultural services and policy analysis in Africa*. CTA. https://hdl.handle.net/10568/106342

World Bank. (2021). Transforming agricultural extension and digital advisory services in Nigeria. World Bank.

INFORMATION, AWARENESS-RAISING, AND HOUSEHOLD WASTE MANAGEMENT IN THE HOTEL DISTRICTS OF CONAKRY, GUINEA

Sènakpon Socrate Sosthène TOBADA

Higher Institute of Information and Communication (ISIC) of Kountia / Guinea

Coffi Joël ACCALOGOUN

Higher School of Tourism and Hospitality / Guinea

Codjo Désiré WEKEGOGO

University of Kindia / Guinea

Abstract

Household waste management is a major challenge in developing African cities, particularly in areas with high levels of tourist activity. In Conakry, the capital of Guinea, the growth of the hotel industry in several urban neighborhoods has led to a significant increase in solid waste generation, straining existing collection and treatment infrastructure. In this context, the role of information and awareness-raising in improving household waste management in Conakry's hotel districts becomes crucial. This research analyzes this phenomenon. It employs a qualitative and quantitative approach, combining surveys of residents and hotel managers, semi-structured interviews with municipal authorities, and field observations. The results show that, while waste generation is increasing due to hotel expansion, the effectiveness of collection systems remains limited, primarily due to a lack of communication and environmental awareness. The study highlights the importance of a participatory environmental communication strategy capable of informing, empowering, and involving private and community stakeholders in the sustainable management of urban waste.

Keywords : waste management, information and awareness, hospitality industry, Conakry, Guinea.

Introduction

Solid waste management remains a persistent challenge in many African cities, where rapid urbanization and expanding economic activity are putting pressure on municipal infrastructure (UN-Habitat, 2010). In Conakry, the capital of Guinea, the recent boom in the hotel sector has been accompanied by a significant increase in the production of household and similar waste. This situation raises environmental, health, and social concerns.

In this context, information and awareness-raising are essential levers for improving urban waste management. According to Cox (2013), environmental communication helps to transform scientific and technical knowledge into responsible behavior.

Furthermore, Servaes (2016) emphasizes that citizen participation and the involvement of private stakeholders are key factors in ensuring the sustainability of environmental policies.

Thus, this article examines how information and awareness can contribute to the effective management of household waste in the hotel districts of Conakry, based on an analysis of current practices and existing communication mechanisms.

1. Conceptual and Theoretical Framework

1. Conceptual Framework

1. Urban Waste Management

Urban waste management involves the collection, transport, treatment, and disposal of waste produced by households and economic activities (Wilson & Velis, 2015). In African cities, the effectiveness of these systems is often limited by inadequate infrastructure and a lack of institutional coordination (UN-Habitat, 2010). This definition is the one adopted for the purposes of this study.

2. Communication environnementale et sensibilisation

Environmental communication aims to inform, raise awareness, and mobilize citizens around environmental issues (Cox, 2013). It includes disseminating educational messages, promoting responsible behavior, and encouraging public participation in policy (Moser, 2016). In the context of urban tourism, it can contribute to reducing waste production at the source, improving sorting and collection, and encouraging the participation of economic stakeholders and local residents.

1.2- Theoretical framework

1.2.1- Ajzen's Theory of Behavior Change (1991)

This study is based on the theory of planned behavior developed by Ajzen (1991). According to this theory, an individual's behavior depends primarily on their attitudes, social influences, and the control they believe they have over their actions. Ajzen explains that positive attitudes toward a behavior encourage its adoption. In this research, when populations perceive waste as causing disease or flooding, they become more supportive of sanitation and waste management practices.

The theory also highlights the importance of social norms. People's behavior can be influenced by awareness campaigns, local authorities, hotels, or communities. Thus, environmental communication initiatives can encourage responsible behavior.

Finally, perceived behavioral control refers to the means available to individuals to take action. The lack of collection points or the irregularity of municipal services often limits people's ability to adopt good waste management practices. This theory therefore helps us to understand that information and awareness play a crucial role in transforming environmental behavior in Conakry's hotel districts.

1.2.2- Communicational approach of Servaes (2016) and Cox (2013)

This research also draws on the approaches of Jan Servaes and Robert Cox, who emphasize the importance of communication in environmental policy. According to Servaes (2016), communication for development must be participatory and involve communities in processes of social change. Communities should not only receive information but also actively participate in development initiatives. In this study, this approach demonstrates the importance of involving local residents, hotels, and local authorities in waste management.

Cox (2013), for his part, considers environmental communication as a means of informing, raising awareness, and mobilizing populations in the face of ecological problems. According to him, communication campaigns help strengthen environmental awareness and encourage responsible behavior.

These theoretical approaches thus allow us to analyze waste management as an environmental, social, and communicational issue. They show that the sustainable improvement of waste management in Conakry depends not only on infrastructure, but also on information, awareness-raising, and community participation.

2. Methodology

This study adopts a mixed approach combining quantitative and qualitative methods. It consists of questionnaires administered to 240 households living near hotel districts and to 26 staff members of hotels such as Atlantic View Hotel, Cherry Groupe Sarl, Hôtel Kaloum, Le bambou, Mariador Park, Noom Hôtel Conakry, Palm camayenne, Radisson Blu, Hôtel minière, Onomo Hôtel…

Semi-structured interviews were conducted with 10 hotel managers and 10 municipal officials. Field observations were carried out to assess waste collection and sorting practices. Data analysis was performed using statistical tools for quantitative information and content analysis for qualitative datas.

3- Presentation and analysis of results

3.1- Presentation and analysis of the results from the questionnaires

3. Datas on riverside households in Conakry

Table No. 1: Main source of your household waste in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Kitchen	140	58,33%
Paper/cardboard	20	8,34
Plastic	80	33,33%
Total	240	100%

Source : April 2026 surveys

The results in Table 1 show that kitchen waste is the main source of household waste in Conakry, with 140 respondents (58.33%) reporting it. Plastic waste is the second most common source, with 80 respondents (33.33%), while paper and cardboard waste accounts for only 20 respondents, or 8.34% of the data. These results reveal a strong dominance of organic waste in households living near rivers. This situation can be explained by the dietary habits and daily consumption patterns of urban households. The high proportion of plastic waste also reflects the increased use of single-use packaging in Conakry's urban neighborhoods. These observations align with the work of Wilson and Velis (2015), who found that African cities primarily produce organic waste, accompanied by a rapid increase in plastic waste linked to urbanization and modern consumption patterns.

Table No. 2 : Frequency of your waste collection by municipal services in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Daily	0	0%
2-3 times a week	120	50%
Once a week	100	41,67%
Rarely	20	8,33%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

The datas indicate that 50% of respondents say that waste is collected two to three times a week, while 41.67% report collection once a week. None of the respondents mentioned daily collection. Furthermore, 8.33% felt that waste is rarely collected. These results reflect the irregularity of the waste collection system in the neighborhoods studied. The complete absence of daily collection highlights the limitations of municipal services in the face of population growth and increased waste production. This situation promotes the accumulation of waste in public spaces and increases health and environmental risks.

According to UN-Habitat (2010), irregular collection is one of the main waste management problems in African cities.

Table No.3 : Availability or not of collection points near waste sources close to residents in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Yes	40	16,67%
No	200	83,33%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

This table shows that 83.33% of respondents reported not having collection points near their homes, compared to only 16.67% who stated the opposite. These results highlight the inadequacy of pre-collection infrastructure in neighborhoods bordering hotel zones. The distance from collection points may explain the illegal dumping observed in several neighborhoods of Conakry. This infrastructural weakness constitutes a major obstacle to the effective management of household waste. According to Zurbrügg (2003), the proximity of collection infrastructure encourages responsible behavior among the population.

Table No. 4 : Receipt or no-receipt of information on waste management in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Yes	80	33,33%
No	160	66,67%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

The datas reveal that 66.67% of households have never received information on waste management, compared to only 33.33% who have benefited from information or awareness campaigns. These results demonstrate a significant lack of environmental communication in the neighborhoods studied. This lack of information limits understanding of sanitation issues and reduces citizen participation in waste management. According to Cox (2013), environmental information plays a crucial role in changing social behaviors in response to ecological problems.

Table No. 5: Information channels on waste management in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Radio	10	12,50%
Television	10	12,50%
Posters in the neighborhood	10	12,50%
Community meetings	10	12,50%
Internet	40	50
Total	80	100%

Source: April 2026 surveys

Here, the internet represents the primary information channel, accounting for 50% of responses. Radio, television, posters, and community meetings each represent 12.5%. These results reflect a gradual transformation of communication methods in Conakry, with a rise in digital usage as the main means of accessing environmental information. However, the limited use of traditional and community media reveals an inadequacy in local outreach campaigns, which are nevertheless crucial for collective awareness-raising efforts. These observations confirm the analysis of Servaes (2016), which emphasizes the importance of combining digital media and community communication in development programs.

Table N o 6 : Consequences of poor waste management in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Health	80	33,33%
Environment	60	25%
Flooding problems	100	41,67%
Bad image of the neighborhood	0	0%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

At this level, flooding is the main consequence cited by respondents, with 100 responses (41.67%), followed by health problems (33.33%) and environ mental impacts (25%). These results show that the population directly links the accumulation of waste to clogged drains and the recurring floods observed in Conakry during the rainy seasons. The health dimension also appears significant, due to the risks of diseases linked to unsanitary conditions. According to the World Health Organization (WHO, 2018), poor waste management promotes the spread of infectious diseases in urban areas.

Table No. 7 : Increase or not in waste production due to the establishment of hotels in Conakry

Variables	**Effective**	**Percentage**
Yes	40	16,67%
No	60	25%
Don't know	140	58,33%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

The datas indicate that 58.33% of respondents do not know whether hotels increase waste production, while 25% answered no and only 16.67% answered yes. These results reveal a weak understanding of the link between hotel activity and urban waste production. This situation can be explained by a lack of environmental information and communication regarding the ecological impacts of the hotel sector. It also reflects a low level of awareness of the waste management activities carried out by hotels.

Table No. 8 : Participation or non-participation of hotels in the collection or awareness campaign in Conakry

Variables	**Effective**	**Percentage**
Oui	40	16,67%
Non	40	16,67%
Don't know	160	66,66%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

The results show that 66.67% of respondents do not know whether hotels participate in awareness campaigns or waste collection programs. Only 16.67% answered yes and 16.67% answered no. This lack of awareness reflects poor communication between hotels and local communities. Environmental initiatives undertaken by hotels appear to have little visibility among local populations. According to Moser (2016), the effectiveness of environmental policies largely depends on the visibility and participation of social actors.

4. Datas on Hotels in Conakry

Table No. 9 : Types of waste produced by hotels in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Food waste	13	50%
Plastics	8	30,77%
Paper/cardboard	2	7,69%
Textile waste	3	11,54%
Total	26	100%

Source : April 2026 surveys

This table shows that food waste represents 50% of the waste produced by hotels. Plastic waste accounts for 30.77%, followed by textile waste (11.54%) and paper/cardboard (7.69%). These results demonstrate that the hotel industry primarily generates organic waste related to food service and catering. The high proportion of plastics also reflects the use of packaging and disposable products in hotels. These findings are consistent with the work of Gössling and Peeters (2015) on the environmental impacts of urban tourism.

Table No. 10 : Existence or absence of a waste sorting and management policy by hotels in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Yes	23	88,46%
No	3	11,57%
Total	240	100%

Source: April 2026 surveys

The data reveals that 88.46% of hotels have a waste sorting and management policy, compared to only 11.57% that do not. These results demonstrate a relatively high level of awareness of environmental issues within the hotel sector in Conakry. Hotels appear to be gradually integrating sustainable management requirements into their business practices.

Table No. 11: Types of waste sorting and management actions by hotels in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Tri	17	65,37%
Composting	1	3,85%
Recycling	5	19,23%
Collection	1	3,85%
Take from the dump	1	3,85%
None of that	1	3,85%
Total	26	100%

Source: April 2026 surveys

The results show that sorting is the primary action taken by hotels, at 65.37%. Recycling accounts for 19.23%, while composting remains very low at 3.85%. This data reveals that hotels prioritize simple waste separation measures, but advanced practices such as composting and recycling remain underdeveloped. This situation reflects technical and organizational limitations in waste management.

Table No. 12 : Main partners of hotels for waste collection in Conakry

Variables	Effective	Percentage
Municipal services	4	15,38%
Private companies	14	53,85%
local associations	6	23,07%
PME	1	3,85%
No company	1	3,85%
Total	26	100%

Source: April 2026 surveys

Private companies represent the main partners of hotels with 53.85%, followed by local associations (23.07%) and municipal services (15.38%). This reflects a gradual privatization of waste management in Conakry's hotel districts. Hotels seem to be placing more trust in private companies to guarantee regular waste collection.

Table No. 12 : Information for customers on waste management in hotels in Conakry

Variables	**Effective**	**Percentage**
Yes	17	65,38%
No	9	34,62%
Total	26	100%

Source: April 2026 surveys

Surveys indicate that 65.38% of hotels inform their guests about waste management, while 34.62% do not. This practice reflects a willingness on the part of some establishments to integrate environmental communication into their relationship with guests.

Table No. 13: Information and awareness-raising for hotel staff in Conakry

Variables	**Effective**	**Percentage**
Yes	25	95,15%
No	1	3,85%
Total	26	100%

Source: April 2026 surveys

This table indicates that 95.15% of hotels raise awareness among their staff about waste management. These results demonstrate a strong commitment from hotels to internal environmental communication. Raising staff awareness appears to be an important strategy for improving waste management practices.

Table No. 14: Collaboration of Hotels with the municipality or associations for raising awareness about waste management

Variables	**Effective**	**Percentage**
Yes	16	61,54%
No	10	38,46%
Total	26	100%

Source: April 2026 surveys

The results in the table above show that 61.54% of hotels collaborate with municipalities or associations on awareness campaigns. This collaboration reflects a desire to build participatory governance for waste management, even though a significant proportion of hotels still remain

outside these initiatives.

The overall analysis shows that waste management in Conakry's hotel districts continues to face several challenges: insufficient collection infrastructure, weak awareness campaigns, a lack of communication bet ween stakeholders, and waste growth linked to urban and hotel activities.

However, hotels appear more committed to waste management practices than local households, particularly through sorting policies, staff awareness training, and collaborations with private and non-profit organizations. These findings demonstrate the importance of strengthening participatory environmental communication to sustainably improve waste management in Conakry.

3.2- Presentation and analysis of the results from the semi-structured interviews

Semi-structured interviews conducted with municipal officials and hotel managers provided a deeper understanding of the practices, difficulties and perceptions of the actors involved in household waste management in the hotel districts of Conakry.

The qualitative analysis of the collected discourse highlights several major themes : the shortcomings of the collection system, the difficulties of institutional coordination, the limited role of environmental awareness and the efforts undertaken by some hotels to improve their waste management practices.

3.2.1- Analysis of interviews with municipal officials and local authorities

1. **Perceptions of waste management in hotel districts**

The municipal officials interviewed generally consider that waste management in the hotel districts of Conakry remains "insufficient" and " faces many structural challenges".

Several respondents pointed out that the increase in the number of hotels in certain neighborhoods has led to a significant rise in solid waste, particularly food and plastic waste. This perception aligns with the quantitative results of the questionnaire, where food waste represented 58.33% of residents' household waste and 50% of the waste produced by hotels.

Local authorities also believe that current waste collection infrastructure remains inadequate to meet the city's urban and tourism growth. These findings confirm UN-Habitat's (2010) analysis, which indicates that African cities are experiencing increasing pressure on municipal waste management systems.

2. **Difficulties encountered in waste collection**

Municipal officials cite several major constraints: insufficient logistical resources, a lack of collection trucks, the absence of collection points in several neighborhoods, the incivility of some populations, and the funding deficit for sanitation services. Several interviewees particularly emphasized the difficulties of accessing certain densely populated urban areas. These statements corroborate quantitative data showing that 83.33% of households report not having collection points near their homes. According to Wilson and Velis (2015), inadequate infrastructure is one of the main obstacles to effective waste management in developing countries.

3. **Environmental awareness campaigns and communication**

Local authorities acknowledge the existence of certain awareness campaigns conducted through: radio broadcasts, sanitation days, awareness posters and community meetings.

However, several municipal officials admit that these campaigns remain "irregular," " insufficient," and "underfunded." This perception aligns with the results of questionnaires in

which 66.67% of households stated they had never received information on waste management. These results therefore demonstrate a low penetration of environmental communication efforts among local residents.

According to Cox (2013), the effectiveness of environmental policies largely depends on the continuity and accessibility of awareness campaigns.

4. Participation of private and community actors

Municipal officials point out that some hotels are collaborating with local authorities and neighborhood associations in cleanup and awareness campaigns. However, several respondents believe that private sector participation remains limited and insufficiently structured.

Municipal stakeholders also acknowledge that local communities are not very involved in waste governance mechanisms. These findings align with quantitative data indicating that 66.67% of residents are unaware whether hotels participate i n environmental awareness campaigns. This low visibility of private initiatives reflects a communication gap between hotels and local communities.

5. Communication strategies deemed effective

Municipal officials recommend several strategies to improve waste management: strengthening community outreach campaigns, increasing use of community radio, raising awareness in schools and neighborhoods, developing digital communication, and establishing permanent frameworks for dialogue between municipalities, hotels, and residents. These proposals reflect a desire to adopt a participatory approach to environmental communication. According to Servaes (2016), participatory strategies foster greater ownership of public policies by local communities.

3.2.2 - Analysis of interviews with hotel managers

1. Types of waste produced and management methods

Hotel managers report producing primarily: food waste, plastic bottles, packaging, and textile waste related to hotel linens. These results confirm the quantitative data in Table 9, where food waste represented 50% of the waste produced by hotels. The majority of hotels report having internal systems for collecting and separating waste before it is sent to the collection services.

1. Sorting and recycling programs

Hotel managers indicate that several establishments have implemented waste sorting systems, particularly for plastic and organic waste. However, some respondents acknowledge that recycling practices remain limited due to : a lack of specialized companies, the absence of modern processing centers, and high financial costs. These findings align with quantitative data showing that sorting is the primary waste management activity in hotels (65.37%).

2. Staff awareness and training

Nearly all hotel managers report organizing awareness or training sessions for staff on hygiene, waste sorting, environmental practices, and the cleanliness of hotel spaces. These results confirm quantitative data showing that 95.15% of hotels reported raising awareness among their staff. Managers consider staff training to be essential for ensuring the effectiveness of internal environmental policies. According to Moser (2016), changing environmental behaviors requires educating and raising awareness among stakeholders.

3. Communication with customers

Hotel managers explain that communication with guests is primarily achieved through posters in rooms, awareness messages, cleanliness guidelines, and visible recycling bins in certain areas. However, several managers acknowledge that these practices remain limited in some establishments. These findings confirm quantitative data indicating that 65.38% of hotels inform their guests about waste management.

4. Expected role of municipalities and communities

Hotel managers believe that municipalities should increase the frequency of waste collection, install more collection points, improve sanitation infrastructure, and launch more awareness campaigns. They also believe that local residents should adopt more responsible waste management practices. This perception reflects a desire to build shared responsibility among public, private, and community stakeholders.

Ultimately, the semi-structured interviews reveal that waste management in Conakry's hotel districts continues to face structural, organizational, and communicational challenges. The findings highlight inadequate collection infrastructure, weak awareness campaigns, low community involvement, and the gradual efforts of hotels in sorting and raising awareness.

The study also shows that environmental communication emerges as a key lever for improving behavior, strengthening citizen participation, and promoting sustainable urban waste governance. The results confirm the theoretical approaches to communication for development advocated by Servaes (2016) and Cox (2013), which emphasize the strategic role of information, awareness-raising, and community participation in environmental policies.

4. Discussion of results

The results of this study highlight the structural and communicational limitations of household waste management in Conakry's hotel districts. The cross-analysis of quantitative and qualitative data shows that the observed difficulties stem not only from a lack of infrastructure, but also from insufficient environmental communication and the mobilization of social actors.

The questionnaire results reveal that the majority of households living near the area do not have collection points close to their homes and have never received sufficient information on waste management. This situation reflects a poor flow of environmental information between local authorities, hotels, and the public. However, as Cox (2013) points out, environmental communication is a fundamental tool for transforming social behavior in the face of ecological challenges.

The study also shows that people primarily associate the consequences of poor waste management with flooding and health problems. This perception confirms the direct link between urban waste, public health, and the degradation of living conditions. According to the World Health Organization (WHO, 2018), the uncontrolled accumulation of waste in cities promotes the spread of infectious diseases and exacerbates environmental risks.

Furthermore, the results reveal a significant contrast between household and hotel practices. Hotels appear to be relatively more committed to waste management through sorting, staff awareness training, and collaboration with certain private companies or local associations. This involvement reflects a growing awareness of the issues related to sustainable develop ment and the environmental image of hotels.

However, despite these initiatives, the actions undertaken remain insufficiently visible to local residents. A large proportion of those surveyed are unaware of the awareness campaigns conducted by hotels or local authorities. This low visibility of environmental initiatives reflects a lack of participatory communication and dialogue among the various stakeholders.

In this context, Servaes' (2016) work on communication for development becocmes

particularly relevant. The author emphasizes that public policies cannot produce lasting change without the active participation of local communities. Waste management should therefore not be considered solely as a matter of technical, but also as a social process involving the circulation of information, awareness-raising and citizen participation.

The study also shows that the internet is now the primary source of environmental information for the surveyed populations. This development reflects a transformation in communication practices within African urban areas. However, the limited presence of community media and grassroots campaigns restricts the effectiveness of awareness-raising efforts. According to Moser (2016), environmental communication strategies must combine digital media, interpersonal communication, and community-based actions to reach populations sustainably.

Therefore, a participatory communication strategy appears essential to improving waste management in Conakry's hotel districts. This strategy should be based on several complementary dimensions: disseminating information tailored to the socio-cultural realities of the population, strengthening awareness campaigns in the neighborhoods, providing ongoing training for hotel staff, involving local associations and community leaders, using traditional and digital media in combination, and promoting responsible behaviors related to waste sorting and reduction. Such an approach would foster participatory governance of urban waste and strengthen the collective responsibility of public, private, and community stakeholders.

Finally, this study shows that sustainable waste management in hotel districts cannot be separated from the challenges of sustainable urban development. In the context of expanding urban tourism in Conakry, waste management is becoming a strategic issue for the city's attractiveness, public health, and environmental protection.

Conclusion

This research aimed to analyze the role of information and awareness-raising in household waste management within the hotel districts of Conakry. The results obtained show that the growth of the hotel sector contributes to a significant increase in the production of urban waste, particularly food and plastic waste.

The study also reveals that current waste management systems continue to face several major challenges: insufficient collection infrastructure, limited availability of collection points, unreliable municipal services, and a lack of environmental communication. Household surveys show that the population remains insufficiently informed about best practices for waste management. A majority of residents report not having benefited from appropriate awareness campaigns. This situation limits citizen participation and encourages risky behaviors such as illegal dumping and littering in public spaces.

At the same time, the results show that several hotels are gradually developing internal waste management initiatives through sorting, staff awareness training, and collaboration with private companies or local associations. However, these efforts remain largely invisible and insufficiently integrated into a comprehensive urban environmental governance strategy.

The study thus highlights the central role of environmental communication in the sustainable improvement of urban waste management. Information, awareness-raising, and community participation appear as essential levers f or transforming individual and collective behaviors.

From this perspective, integrating an environmental communication strategy into urban policies could help reduce waste production at the source, encourage selective sorting and recycling, improve public participation, strengthen partnerships between municipalities, hotels and associations, and promote a culture of environmental responsibility.

This research also shows that waste management is not solely a technical or logistical issue,

but also a communication, social, and civic challenge. In the long term, the implementation of participatory waste governance, supported by ongoing information and awareness campaigns, could contribute to improving the quality of urban life, enhancing Conakry's appeal to tourists, and promoting a model of sustainable urban development.

Finally, this study opens up research perspectives on the use of digital media, community radio and participatory devices in environmental communication in urban African environments.

Bibliographical references

1. Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179-211 ;
2. Cox, R. (2013). Environmental Communication and the Public Sphere (3rd ed.). SAGE Publications ;
3. Gössling, S., & Peeters, P. (2015). Assessing tourism's global environmental impact 1900-2050. Journal of Sustainable Tourism, 23(5), 639-659 ;
4. Melkote, S. R., & Steeves, H. L. (2015). Communication for Development: Theory and Practice for Empowerment and Social Justice (3rd ed.). SAGE Publications ;
5. Moser, S. C. (2016). Reflections on climate change communication research and practice in the second decade of the 21st century: What more is there to say? WIREs Climate Change, 7(3), 345-369 ;
6. Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2018). Gestion des déchets et santé publique en milieu urbain. Organisation mondiale de la Santé ;
7. Servaes, J. (2008). Communication for Development and Social Change. SAGE Publications ;
8. Servaes, J. (2016). Sustainable Development Goals in the Asian Context. Springer ;
9. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2010). Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities 2010. UN-Habitat ;
10. United Nations World Tourism Organization (UNWTO). (2019). Global Report on Tourism and Sustainability. UN Tourism ;
11. Wilson, D. C., & Velis, C. A. (2015). Waste management – still a global challenge in the 21st century: An evidence-based call for action. Waste Management & Research, 33(12), 1049-1051 ;
12. Zurbrügg, C. (2003). Urban Solid Waste Management in Low-Income Countries of Asia: How to Cope with the Garbage Crisis. Urban Management Programme Asia.

INFRASTRUCTURE, POLICY AND ECOSYSTEM DETERMINANTS OF AI ADOPTION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

DR. SALIU, M.R.

Department of Curriculum and Instruction Niger State College of Education, Minna

Kure Isah Danjuma, PhD

Department of Science Education Ibrahim Badamasi Babangida University, Lapai

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is increasingly transforming higher education through innovations in teaching, learning, research, administration, and student support systems. However, the adoption of AI in higher education institutions is influenced by several interrelated factors, particularly infrastructure readiness, policy frameworks, and ecosystem support systems. In many developing countries, including Nigeria, the integration of AI into higher education remains uneven due to institutional, technological, financial, and regulatory challenges. This position paper examines the major infrastructure, policy, and ecosystem determinants shaping AI adoption in higher education institutions. Drawing on recent scholarly literature from 2021 to date, the paper argues that successful AI integration depends not only on technological availability but also on supportive governance structures, institutional preparedness, funding systems, stakeholder collaboration, and digital capacity development. The paper further highlights the implications of AI adoption for institutional innovation, educational quality, and workforce development. It concludes that sustainable AI integration in higher education requires coordinated investments in digital infrastructure, adaptive policies, and collaborative educational ecosystems.

Keywords: Artificial Intelligence, Higher Education, Digital Infrastructure, Educational Policy, AI Adoption

1.0 INTRODUCTION

The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) has significantly altered the global educational landscape. Universities and other higher education institutions are increasingly exploring AI-driven systems to improve teaching effectiveness, automate administrative processes, support personalized learning, and enhance institutional decision-making. AI technologies such as machine learning, intelligent tutoring systems, predictive analytics, automated assessment tools, and conversational chatbots are becoming increasingly visible within higher education environments (Alam, 2021).

Globally, AI adoption in higher education is often associated with institutional innovation, improved learning outcomes, and enhanced operational efficiency. However, the level of adoption differs across regions and institutions due to variations in infrastructure readiness, policy environments, institutional culture, and ecosystem support systems (Ogunleye & Adeyemi, 2024). In developing countries, particularly Nigeria, many higher education institutions continue to face challenges related to inadequate digital infrastructure, unstable internet connectivity, limited funding, insufficient policy direction, and low technological preparedness.

Although interest in AI integration has grown rapidly, the success of AI implementation in higher education depends on multiple interconnected determinants. Technology alone cannot guarantee successful adoption. Institutional readiness, governance frameworks, staff competence, regulatory policies, and collaborative ecosystems all influence how AI systems are adopted and sustained.

This paper examines infrastructure, policy, and ecosystem determinants of AI adoption in higher education institutions. It argues that sustainable AI integration requires a comprehensive approach that

combines technological investment with institutional support, policy coordination, and ecosystem collaboration.

2.0 CONCEPT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION

Artificial Intelligence refers to computational systems capable of performing tasks that typically require human intelligence, including reasoning, learning, prediction, problem-solving, and language processing. In higher education, AI technologies are used to support both academic and administrative functions.

Recent studies identify several applications of AI in universities, including adaptive learning systems, intelligent tutoring platforms, automated grading systems, predictive analytics for student retention, virtual assistants, and research automation tools (Chan & Tsi, 2024). AI also supports personalized learning by analyzing learner behavior and recommending individualized learning pathways.

Furthermore, AI contributes to institutional management through data-driven decision-making processes. Universities increasingly use AI systems to monitor student performance, allocate resources, and improve operational efficiency.

Despite these opportunities, researchers emphasize that AI adoption in higher education requires institutional preparedness and ethical governance structures to ensure responsible implementation (Tlili et al., 2023).

3.0 INFRASTRUCTURE DETERMINANTS OF AI ADOPTION

Infrastructure is one of the most significant determinants of AI adoption in higher education institutions. AI systems require reliable digital environments, including internet connectivity, cloud computing systems, data storage facilities, electricity supply, and modern hardware infrastructure.

In many Nigerian higher education institutions, infrastructure limitations remain a major barrier to digital transformation. Poor internet connectivity, unstable electricity supply, and inadequate technological facilities reduce institutional capacity to deploy advanced AI systems effectively (Ogunleye & Adeyemi, 2024).

Research indicates that institutions with strong digital infrastructure are more likely to adopt AI technologies successfully because they possess the technical capacity required for implementation and maintenance (Alam, 2021). AI systems rely heavily on data processing capabilities, which require high-performance computing resources and stable network systems.

Another important infrastructural determinant is cybersecurity capacity. As institutions adopt AI-driven systems, the risk of cyber threats and data breaches increases. Universities therefore require secure digital systems capable of protecting institutional and student data.

Digital literacy infrastructure is equally important. Institutions must provide training facilities, digital laboratories, and technical support systems that enable staff and students to interact effectively with AI technologies.

4.0 POLICY DETERMINANTS OF AI ADOPTION

Policy frameworks play a critical role in shaping AI adoption within higher education institutions. Policies provide direction for technology integration, funding allocation, ethical standards, and institutional governance.

Recent scholarship emphasizes that countries with clear national AI strategies demonstrate stronger AI integration across educational sectors (UNESCO, 2021). Policy clarity helps institutions align their technological initiatives with national development priorities.

In Nigeria, although digital transformation initiatives exist, comprehensive AI-specific educational policies remain limited. This creates uncertainty regarding institutional responsibilities, ethical standards, data governance, and funding structures for AI implementation.

Institutional policies also influence AI adoption. Universities that develop internal digital transformation strategies are more likely to integrate AI successfully because they establish clear operational guidelines and implementation priorities (Chan & Tsi, 2024).

Ethical policy considerations are particularly important in AI integration. Researchers highlight concerns related to algorithmic bias, surveillance, academic integrity, and data privacy (Tlili et al., 2023). Without ethical frameworks, AI systems may reinforce inequalities or compromise institutional trust.

Policy support for staff development is another important determinant. Institutions require policies that encourage continuous professional training in AI-related competencies.

5.0 ECOSYSTEM DETERMINANTS OF AI ADOPTION

AI adoption in higher education is influenced not only by institutional factors but also by broader ecosystem conditions. Educational ecosystems include relationships among universities, government agencies, technology companies, industry partners, regulatory bodies, and civil society organizations.

Collaborative ecosystems encourage knowledge sharing, resource mobilization, and innovation. Universities that partner with technology companies often gain access to AI tools, technical expertise, and research funding opportunities (Alam, 2021).

Industry collaboration is particularly important because it aligns educational AI initiatives with labour market demands. Institutions that engage with industry stakeholders are better positioned to develop AI-driven programs relevant to workforce needs.

Funding ecosystems also affect adoption. AI technologies require substantial investment in infrastructure, software, and training. Institutions operating within supportive funding environments are more capable of implementing AI systems sustainably.

Another important ecosystem determinant is societal acceptance. Resistance to technological change among educators, administrators, or students may hinder implementation efforts. Studies indicate that perceptions of usefulness, trust, and ease of use significantly influence AI adoption in educational settings (Ouyang & Jiao, 2021).

Research ecosystems equally matter. Universities with strong research cultures are more likely to experiment with emerging technologies and contribute to AI innovation.

6.0 IMPLICATIONS OF AI ADOPTION FOR HIGHER EDUCATION

The integration of AI into higher education has significant implications for teaching, learning, research, and workforce development.

First, AI can improve learning personalization by adapting instructional content to learners' individual needs. This enhances engagement and academic performance.

Second, AI-driven analytics can improve institutional decision-making by providing insights into student behavior, resource utilization, and academic outcomes.

Third, AI integration supports workforce development by preparing students for technology-driven labour markets. As industries increasingly adopt AI technologies, graduates require digital and analytical competencies to remain employable.

However, AI adoption also raises concerns regarding equity and inclusion. Institutions with limited infrastructure may struggle to compete with technologically advanced universities, potentially widening educational inequalities.

7.0 CHALLENGES AFFECTING AI ADOPTION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Several challenges continue to affect AI adoption in higher education institutions.

One major challenge is financial limitation. AI infrastructure development requires substantial investment, which many institutions cannot easily afford.

Another challenge is inadequate digital competence among educators. Many lecturers lack the technical skills required to integrate AI effectively into teaching and research activities.

Data governance concerns also present challenges. Institutions must establish frameworks for data protection, ethical AI use, and accountability.

Resistance to change may further slow adoption. Some educators and administrators perceive AI as a threat to traditional educational practices.

8.0 RECOMMENDATIONS

1. Governments should develop comprehensive national AI policies for higher education that address ethical standards, funding structures, and implementation guidelines.

2. Higher education institutions should invest in reliable digital infrastructure, including internet connectivity, cloud systems, and cybersecurity frameworks.

3. Universities should establish continuous professional development programs focused on AI literacy and digital competence.

4. Stronger partnerships should be developed between universities, industry stakeholders, and technology companies to support innovation and resource sharing.

5. Institutions should create ethical governance frameworks to regulate responsible AI use in education.

CONCLUSION

AI adoption in higher education institutions is influenced by multiple interconnected determinants, particularly infrastructure readiness, policy frameworks, and ecosystem support systems. While AI offers significant opportunities for educational innovation, successful implementation requires more than technological acquisition. Sustainable AI integration depends on institutional preparedness, supportive governance, collaborative ecosystems, and continuous digital capacity development. For higher education institutions in Nigeria and other developing contexts, addressing infrastructural and policy challenges is essential for maximizing the benefits of AI and preparing institutions for future educational and workforce demands.

REFERENCES

Alam, A. (2021). Possibilities and apprehensions in the landscape of artificial intelligence in education. 2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA).

Chan, C. K. Y., & Tsi, L. H. (2024). The AI revolution in education: Will AI replace or assist teachers in higher education? Smart Learning Environments, 11(1).

Ogunleye, O. S., & Adeyemi, T. O. (2024). Digital infrastructure and AI readiness in Nigerian higher education institutions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education,* 21(4).

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100020.

Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. Smart Learning Environments, 10(15).

UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO Publishing.

GLOBAL RESEARCH TRENDS AND EMPIRICAL REALITIES OF INTERNATIONAL VISITOR SATISFACTION IN COMMUNITY-BASED ECOTOURISM: A CASE OF THOI SON ISLET, VIETNAM

Huynh Khai Minh

Faculty of Social Sciences and Humanities, Ton Duc Thang University

ORCID NO: 0009-0002-5786-2704

M.A. Le Thi Kim Ngoan

Faculty of Social Sciences and Humanities, Ton Duc Thang University

Do Van Tien

University of Social Sciences and Humanities, Vietnam National University Ho Chi Minh City

ABSTRACT

Within sustainable destination governance, Community-Based Ecotourism (CBE) serves as a critical strategic instrument to balance riverine ecological preservation with localized agrarian livelihoods. Thoi Son Islet, situated in Vietnam's Mekong Delta, represents a premier empirical manifestation of this intersection. Currently, the destination undergoes profound institutional and operational transformations; the active enforcement of Resolution No. 202/2025/NQ-QH15 regarding the rearrangement of administrative units necessitates an immediate structural re-evaluation of localized management frameworks. Concurrently, operational vulnerabilities stemming from product replication and an intensive commercialization loop directly jeopardize the site's authentic regional brand identity. Although macro-level scientific inquiries on ecotourism are extensive, a substantial structural disconnect remains between global bibliometric parameters and micro-level empirical diagnostics. Prior exploratory bibliometric mapping of the Web of Science Core Collection reveals a deep contextual gap: while broad "Ecotourism" fields (7,102 publications) and general "Tourist Satisfaction" domains (967 publications) demonstrate academic saturation, intersectional literature focusing specifically on "Community-Based Ecotourism and Tourist Satisfaction" is highly scarce, containing merely 59 peer-reviewed papers. This research bridges this knowledge deficit through a dual-lens approach designed to anchor Thoi Son Islet within global scientific trajectories via a three-stage bibliometric funnel, unpack the specific socio-demographic configurations of 406 surveyed international travelers, and analyze micro-empirical realities to isolate operational breakthroughs and systemic bottlenecks. This study utilizes an integrated dual-stage methodological design. Stage one establishes systemic academic boundaries by processing Web of Science metadata from 1900 to 2026 using VOSviewer. The visualization pipeline employs three progressive filtering layers: Stage 1 evaluates macro knowledge structures in broad "Ecotourism"; Stage 2 decodes consumer behavioral mechanisms via "Tourist Satisfaction" and "Revisit Intention"; and Stage 3 refines the specific intersection of "Community-Based Ecotourism" and "Satisfaction", referencing a prior baseline index established by the author to avoid self-plagiarism. Stage two executes an on-site quantitative field diagnostic at Thoi Son Islet, Dong Thap Province. Utilizing purposive and convenience sampling techniques, primary data from 406 valid questionnaires completed by international tourists were analyzed using SPSS. The statistical framework deliberately focuses on demographic frequency distributions, cross-behavioral characteristics, and high-density mean score configurations (Mean and Standard Deviation) across 33 operational indicators distributed among 8 behavioral constructs to maintain practical diagnostic clarity. The three-stage bibliometric mapping reveals a stark thematic fragmentation, demonstrating that global CBE literature relies heavily on abstract conceptual frameworks while lacking localized riverine empirical data. Empirically, quantitative configurations from the 406 international respondents expose key descriptive realities. The market distribution is led by India (23.2%), followed by South Korea (12.8%), with resilient Western segments including the USA (8.9%) and Australia (6.9%). This cohort exhibits highly educated attributes (79.5% holding university or postgraduate degrees) and strong financial capacity

(75.3% earning a monthly income above 800 USD). Structurally, 95.6% of arrivals access the island through organized travel agency package tours. While overall tourist satisfaction remains remarkably high {SAT3: Mean} = 4.30, detailed diagnostics across the 33 indicators reveal clear operational paradoxes. Visitors express peak agreement regarding the pristine authenticity of natural landscapes {RA1: Mean} = 4.33, strong transactional equity {PV2: Mean} = 4.33, and deep interaction quality rooted in local hospitality {IQ4: Mean} = 4.32. Conversely, severe systemic bottlenecks appear within the destination's cognitive image and product variance; regional brand indicators score lowest {DI2: Mean} = 3.95; {DI1: Mean} = 3.97, and alternative recreational diversity yields highly restricted performance {RA5: Mean} = 4.00 alongside the model's highest standard deviation {SD} = 0.804. This structural polarization actively depresses long-term loyalty, as evidenced by a restricted immediate revisit intention {RI3: Mean} = 4.12, explaining why 66.7% travel as first-time visitors while high-frequency repeaters (3 visits) drop to a minor 4.9%. This study advances sustainable tourism literature by resolving the satisfaction-loyalty paradox in riverine CBE ecosystems, where high transactional satisfaction fails to generate repeat visitation. To mitigate these bottlenecks, two strategic management axes are proposed. First, to address product polarization and replication loops {RA5: Mean} = 4.00, destination management organizations (DMOs) and local smallholders must diversify the communal portfolio by shifting from passive sightseeing to high-yield interactive cultural immersions (e.g., agricultural craft workshops and culinary storytelling), thereby elevating near-future revisit motivations {RI3: Mean} = 4.12. Second, given that 95.6% of international arrivals utilize organized tours, traditional B2C marketing must be replaced with data-driven B2B destination marketing alliances. Establishing cooperative frameworks with international tour operators will effectively reconstruct the destination's weak cognitive and regional brand image{DI2: Mean} = 3.95, {DI1: Mean} = 3.97, transforming Thoi Son Islet from a temporary day-trip stop into a high-yield, standalone sustainable sanctuary.

Keywords: Community-Based Ecotourism, Tourist Satisfaction, Bibliometric Analysis, Descriptive Statistics, Thoi Son Islet.

INTRODUCTION

The global tourism paradigm has undergone a profound structural shift, moving away from conventional mass tourism toward specialized, sustainable alternatives that harmonize ecological preservation with localized socioeconomic equity. Within this evolving framework, Community-Based Ecotourism (CBE) has emerged as a critical strategic imperative for destination governance. CBE models are uniquely designed to empower local stakeholders, protect vulnerable ecosystems, and generate sustainable livelihoods through small-scale, localized hospitality operations. This balance is particularly vital within delicate riverine environments, such as the Mekong Delta region of Vietnam, where traditional agrarian lifestyles are directly intertwined with river-based natural resources.

Thoi Son Islet, situated in the Dong Thap Province of Vietnam, represents a premier empirical manifestation of a riverine CBE destination. Characterized by expansive fruit orchards, traditional water transport systems, and a rich intangible cultural heritage, the islet has historically served as a core destination for international travelers seeking authentic rural experiences in Southern Vietnam. However, the destination is currently navigating a period of intense institutional and practical transition. On an institutional level, the active enforcement of Resolution No. 202/2025/NQ-QH15 regarding the structural rearrangement of administrative units has created an immediate need to re-evaluate and restructure localized management frameworks to ensure administrative continuity and operational efficiency. On an operational level, Thoi Son Islet faces significant practical vulnerabilities. The uncontrolled expansion of local smallholders has led to severe product replication, an unsustainable commercialization loop, and a visible decline in experiential authenticity. These combined institutional and practical factors make a rigorous diagnostic of international visitor perceptions highly time-sensitive.

Despite the extensive body of global academic literature dedicated to sustainable tourism management, a deep structural disconnect persists between macro-level bibliometric research trends and micro-level

empirical realities. Prior bibliometric mapping of the Web of Science Core Collection database validates a massive academic saturation in broad "Ecotourism" frameworks (yielding 7,102 publications) and general "Tourist Satisfaction" behavioral mechanisms (yielding 967 publications). However, intersectional scientific research that explicitly conceptualizes "Community-Based Ecotourism and Tourist Satisfaction" reveals a profound global gap, containing a mere 59 peer-reviewed papers. This stark scarcity proves that while overarching global tourism trajectories are well-documented, localized empirical evidence detailing how high-density behavioral metrics, such as cognitive destination image, interaction quality, and perceived transactional value, operate within specific riverine CBE ecosystems remains highly fragmented and conceptually isolated.

To bridge this critical knowledge deficit, this study transitions research from abstract predictive modeling into concrete, data-driven management diagnostics. The primary purpose of this research is threefold: First, to position localized riverine CBE within global scientific knowledge flows by anchoring the study in a systematic, three-stage bibliometric funnel utilizing VOSviewer software. Second, to unpack the precise socio-demographic configurations and cross-behavioral travel characteristics of 406 international tourists surveyed directly on-site at Thoi Son Islet. Third, to evaluate the micro-empirical realities of visitor perceptions by utilizing mean score configurations to isolate operational performance peaks and systemic structural bottlenecks. By achieving these objectives, this study delivers a comprehensive dual-lens diagnostic that offers actionable management implications for local authorities, tour operators, and destination management organizations (DMOs) to foster sustainable regional development.

Figure 1. Geographical Location Map of Thoi Son Islet within the Context of Administrative Unit Restructuring Under Resolution No. 202/2025/NQ.

To bridge the structural disconnect between global academic trends and micro-level empirical realities, this study establishes a robust, integrated dual-stage research design that systematically connects macro-level bibliometric mapping with localized, high-density quantitative diagnostics on-site.

Stage 1: Three-Tier Bibliometric Funnel Protocol. The initial stage delineates the theoretical boundaries and evaluates the global landscape of the scientific domain. Metadata was systematically retrieved from the Web of Science Core Collection database, covering an expansive temporal spectrum from 1900 to 2026. To capture both overarching scientific paradigms and destination-specific thematic nuances, a visualization protocol was executed via VOSviewer software across three progressive filtering layers. Layer 1 isolated global research trajectories within broad "Ecotourism" fields, yielding 7,102

publications mapped into 16 thematic clusters. Layer 2 targeted the central consumer behavioral mechanisms by filtering “Tourist Satisfaction” and “Revisit Intention”, identifying 967 peer-reviewed publications distributed across 11 distinct clusters. Layer 3 executed a highly localized intersectional filter restricting the scope to “Community-Based Ecotourism” and “Satisfaction”, which uncovered a critical global scientific gap with only 59 peer-reviewed papers. To maintain strict academic integrity and eliminate risks of self-plagiarism, this bibliometric pipeline deliberately references and builds upon a prior peer-reviewed bibliometric baseline established by the author, anchoring the subsequent empirical field data within validated global knowledge flows.

Stage 2. Empirical Field Investigation and Sampling Design. To address the contextual fragmentation identified in the global literature, the second stage transitions into a primary empirical diagnostic. The target population consists exclusively of international tourists visiting Thoi Son Islet, Dong Thap Province, Vietnam. Fieldwork was executed directly on-site using a structured questionnaire. Given the operational dynamics of a riverine island destination, a combination of convenience and purposive sampling strategies was implemented. To ensure high data density and structural representation, a final sample of 406 valid, completed questionnaires was secured from international respondents who had actively participated in and experienced local communal, cultural, and ecological services**.**

Measurement Instrumentation and Data Processing. The quantitative survey instrument was developed by adapting previously validated international tourism scales to the specific realities of riverine community-based ecotourism. The final diagnostic framework evaluates 33 operational indicators distributed across 8 fundamental behavioral constructs, including Cognitive Destination Image to measure perceived regional brand image, visual identity, and distinctiveness, as well as Interaction Quality to assess the hospitality, engagement, and professionalism of the local community. Additionally, Resource Attraction evaluates the pristine authenticity of natural landscapes and product diversity, while Perceived Value analyzes transactional equity and economic fairness. Finally, Tourist Satisfaction captures overall experiential emotional gratification, and Revisit Intention measures immediate loyalty and repeat travel motivations. Primary data processing was carried out using SPSS software. Diverging from abstract predictive structural modeling to prioritize localized practical diagnostic clarity for destination management organizations, the analytical framework focuses strictly on high-density descriptive statistics. Frequency distributions were generated for socio-demographics, while cross-behavioral travel characteristics and mean score configurations, specifically utilizing Mean and Standard Deviation, were calculated to pinpoint systemic operational bottlenecks and excellence peaks.

RESEARCH AND FINDINGS

The empirical results of this study are presented in two interlinked dimensions, reflecting the dual-stage methodological architecture. First, the bibliometric structural outcomes map the overarching global thematic context. Second, the high-density quantitative on-site statistics decode the socio-demographic, behavioral, and perceptual metrics of the international travel segment at Thoi Son Islet.

Bibliometric Mapping and Structural Evolution

The three-stage bibliometric funnel processed through VOSviewer identifies a profound structural fragmentation within the scientific domain. Stage 1 establishes that broad “Ecotourism” research maintains a robust, highly saturated global foundation focused predominantly on macro-environmental sustainability, zoning policies, and natural resource preservation. Stage 2 verifies that within the general tourism literature, “Tourist Satisfaction” functions as a primary, centrally positioned mediating node that bridges physical destination attributes with long-term post-consumption behavioral intentions, such as loyalty and word-of-mouth.

However, Stage 3 isolates a significant empirical boundary. The intersectional network mapping reveals that while global literature heavily incorporates theoretical concepts of community participation and socio-cultural interactions, it relies almost entirely on abstract, macro-level conceptualizations. There is a severe empirical deficit regarding the precise, operationalized satisfaction mechanics of international

travelers operating within localized, high-density riverine community-based ecotourism micro-ecosystems, proving that the existing literature remains highly conceptual and structurally fragmented.

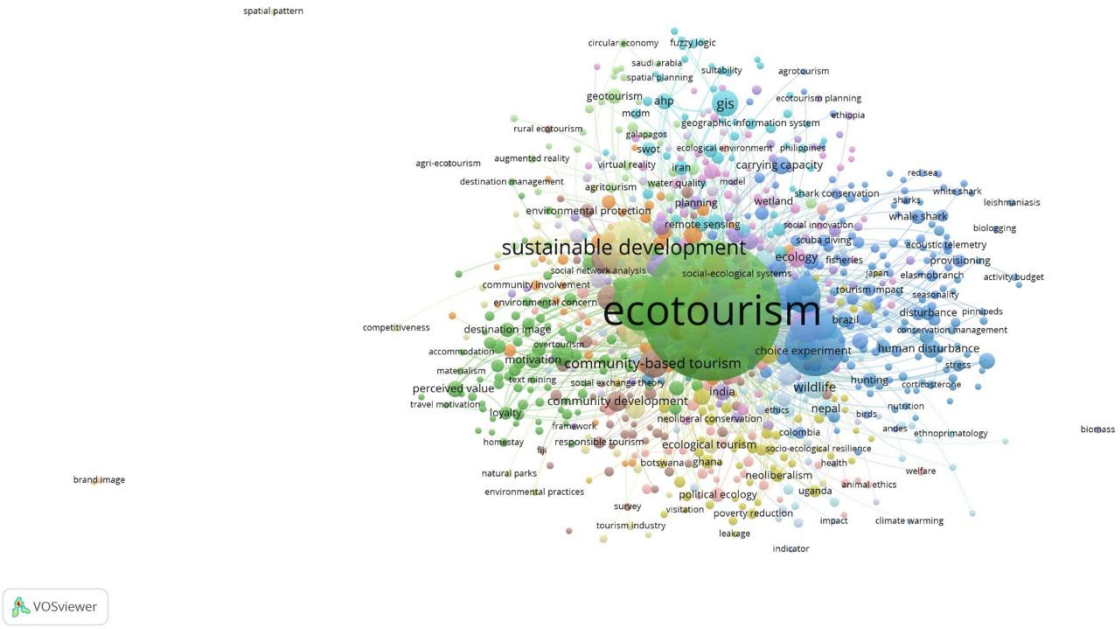


Figure 2. Co-occurrence Network of Global Ecotourism Research Trajectories (Stage 1)

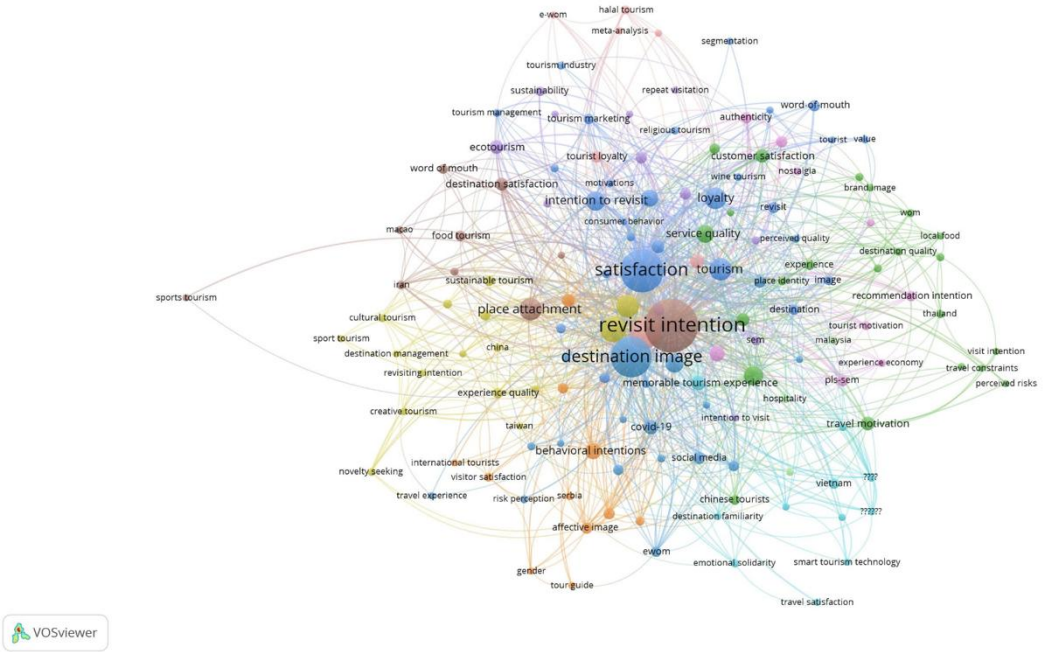


Figure 3. Bibliometric Network of General Tourist Satisfaction and Revisit Intention Axes (Stage 2)

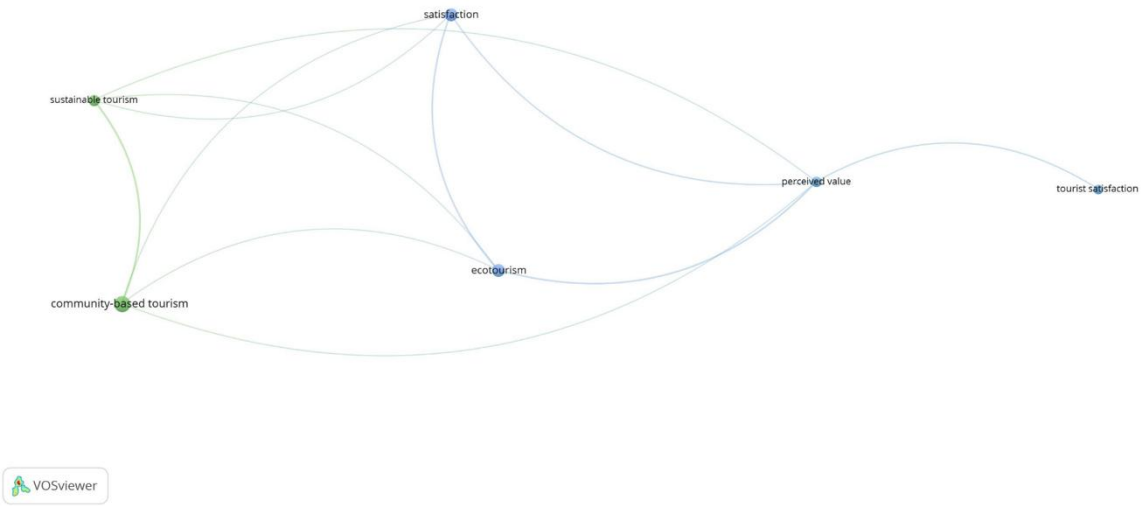


Figure 4. Intersectional Bibliometric Cluster of Community-Based Ecotourism and Satisfaction Gaps (Stage 3)

Socio-Demographic Profile of International Respondents

The primary quantitative diagnostic captures a highly educated, economically resilient international consumer segment. Table 1 outlines the comprehensive socio-demographic configurations derived from the N = 406 valid international questionnaires collected during the field survey.

Table 1. Socio-Demographic Characteristics of Surveyed International Tourists (N = 406)

Demographic Variable	Category	Frequency (n)	Percentage (%)
Country of Origin	India	94	23.2
	South Korea	52	12.8
	United States	36	8.9
	Australia	28	6.9
	Others	196	48.2
Educational Level	High School or Below	17	4.2
	Vocational / College	66	16.3
	University Degree	247	60.8
	Postgraduate Degree	76	18.7
Monthly Income (USD)	Below 500 USD	38	9.4
	500 - 800 USD	62	15.3
	801 - 1,500 USD	184	45.3
	Above 1,500 USD	122	30.0

The geographic distribution indicates a critical market shift, with India emerging as the primary source market (23.2%), closely followed by South Korea (12.8%), while traditional Western segments from the United States (8.9%) and Australia (6.9%) maintain a stable, resilient presence. The educational profile is exceptionally high, with 79.5% of the total international sample holding either a university or postgraduate degree. This high educational attainment corresponds directly with substantial purchasing power, as 75.3% of the surveyed travelers command a monthly net income exceeding 800 USD (45.3% in the 801 - 1,500 USD bracket and 30.0% earning above 1,500 USD), establishing that the destination attracts an affluent, discerning international market.

Behavioral Travel Characteristics

The structural mechanics of how international arrivals access and navigate Thoi Son Islet are detailed in Table 2, exposing a severe reliance on external institutional intermediaries.

Table 2. Cross-Behavioral Travel Characteristics of International Arrivals

Behavioral Variable	Category	Frequency (n)	Percentage (%)
Travel Arrangement	Organized Package Tour	388	95.6
	Independent / FIT	18	4.4
Frequency of Visitation	1st Time Visitor	271	66.7
	2nd Time Visitor	115	28.4
	3+ Time (High-Frequency Repeater)	20	4.9

The structural data reveals an overwhelming operational dependency on institutional distribution channels: a staggering 95.6% of all surveyed international arrivals access Thoi Son Islet exclusively via organized package tours coordinated by commercial travel agencies. Independent travelers (Free Independent Tourists - FITs) comprise a nominal 4.4% of the market. Furthermore, the frequency of visitation highlights an acute loyalty operational challenge. While first-time visitors account for 66.7% of the arrivals, high-frequency repeaters who have visited the island three or more times drop to a minor 4.9%, providing immediate empirical evidence of a suppressed retention rate.

Descriptive Performance Diagnostics and Operational Indicators

To unpack the exact micro-empirical realities driving visitor perceptions, Table 3 compiles the mean score configurations and standard deviations across the 33 operational indicators distributed throughout the 8 fundamental behavioral constructs.

Table 3. Descriptive Mean and Standard Deviation Configurations for Operational Indicators

Construct Code	Indicator Description	Mean (M)	Std. Deviation (SD)
Resource Attraction	**RA1:** Authentic pristine nature and landscape	**4.33**	0.472
	RA5: Diversity of alternative recreational activities	**4.00**	**0.804**
Perceived Value	**PV2:** Transactional equity (experiential value vs. cost)	**4.33**	0.491
Interaction Quality	**IQ4:** High hospitality and community engagement	**4.32**	0.512
Tourist Satisfaction	**SAT3:** Overall experiential emotional satisfaction	**4.30**	0.503
Revisit Intention	**RI3:** Near-future immediate revisit motivation	**4.12**	0.689

Construct Code	Indicator Description	Mean (M)	Std. Deviation (SD)
Destination Image	**DI1:** Visual identity and unique brand clarity	**3.97**	0.712
	DI2: Perceived regional brand and cognitive prestige	**3.95**	0.745

The descriptive metrics expose distinct structural paradoxes within the destination's ecosystem. On a macro level, overall tourist satisfaction remains remarkably high, anchored by the benchmark indicator {SAT3 } (M = 4.30, SD = 0.503). This high baseline is driven by three specific performance peaks. International tourists express the highest level of agreement regarding the pristine authenticity of the island's natural riverine landscapes, as evidenced by {RA1 } (M = 4.33, SD = 0.472). This is perfectly matched by strong perceptions of transactional equity, where the experiential value aligns well with economic costs, measured by {PV2 } (M = 4.33, SD = 0.491). Furthermore, the interaction quality rooted in the deep hospitality and emotional engagement of local smallholders yields a prominent baseline at {IQ4 } (M = 4.32, SD = 0.512).

Conversely, severe systemic operational bottlenecks are explicitly isolated within the cognitive destination image and product structure. Indicators evaluating the perceived regional brand and visual clarity score at the lowest spectrum of the entire study, as demonstrated by {DI2 } (M = 3.95, SD = 0.745) and {DI1 } (M = 3.97, SD = 0.712). Crucially, the operational indicator assessing alternative recreational activities and communal product variance yields a highly restricted performance at {RA5 } (M = 4.00) but is accompanied by the model's highest standard deviation (SD = 0.804). This statistical variation highlights a severe polarization in visitor perception. This lack of diversified communal products directly suppresses long-term loyalty mechanisms, as shown by the suppressed mean score for immediate revisit intentions, {RI3 } (M = 4.12, SD = 0.689). This quantitative configuration provides a clear empirical explanation for the destination's core paradox: exceptional transactional satisfaction fails to generate repeat travel patterns because the weak cognitive brand image and replicated product portfolio inhibit long-term retention.

DISCUSSION AND CONCLUSION

This study contributes to the sustainable tourism literature by transitioning from abstract conceptual modeling to a high-density, localized empirical diagnostic that bridges global bibliometric gaps with micro-level regional realities.

The empirical findings validate that within the riverine community-based ecotourism ecosystem of Thoi Son Islet, raw natural landscape authenticity (M = 4.33, SD = 0.472) and the exceptional interaction quality driven by local community hospitality (M = 4.32, SD = 0.512) serve as the primary foundational pillars anchoring high immediate tourist satisfaction (M = 4.30, SD = 0.503). This high transactional gratification proves that the immediate on-site experiential value meets or exceeds international traveler expectations.

However, the critical academic and managerial contribution of this paper lies in unpacking and explaining the "satisfaction-loyalty paradox", a structural phenomenon where exceptional on-site satisfaction explicitly fails to trigger repeat travel behaviors. This is evidenced by a severe loyalty drop, where high-frequency repeaters (3+ visits) constitute a minor 4.9% of the entire market. This operational breakdown is directly explained by the restricted performance and high perceptual polarization regarding product diversity (M = 4.00, SD = 0.804), combined with a weak, ambiguous regional brand and cognitive prestige (M = 3.95, SD = 0.745). While international guests enjoy the hospitality, the severe product replication and commercialization loop strip the destination of standalone

distinctiveness, causing near-future immediate revisit motivations to stall at a suppressed baseline (M = 4.12, SD = 0.689).

Strategic Management Implications

To resolve these empirical bottlenecks and break the destination's commercialization loop, strategic management implications are proposed across two distinct operational axes:

Product Diversification and Experiential Innovation. To counteract the restricted performance and high polarization surrounding alternative activities, local smallholders and destination management organizations (DMOs) must actively diversify the communal experiential portfolio. Local stakeholders should rapidly transition away from passive, easily replicated sightseeing excursions. Instead, they must develop interactive, high-yield cultural immersions, such as localized agricultural craft workshops and intensive culinary heritage storytelling. This tactical pivot is vital to breaking the destination's product replication loop and elevating near-future revisit motivations.

Data-Driven B2B Destination Marketing Alliances. Because a staggering 95.6% of international arrivals dictate their travel pathways through commercial travel agencies and organized package tours, traditional, scattered B2C marketing channels are highly ineffective. Local authorities must rapidly pivot toward data-driven B2B destination marketing alliances. By institutionalizing cooperative frameworks with international tour operators and major travel agencies, management can strategically co-brand Thoi Son Islet. This targeted institutional positioning will effectively reconstruct the destination's weak cognitive and regional brand image, successfully transforming Thoi Son Islet from a transient, single-stop day excursion into a high-yield, standalone sustainable sanctuary.

Conclusion

By combining a systematic three-stage bibliometric funnel with a high-density field survey of 406 international respondents, this study successfully establishes an empirical baseline for riverine community-based ecotourism during a critical period of institutional reorganization. The diagnostic successfully isolates the structural components of the satisfaction-loyalty paradox at Thoi Son Islet.

While the study is limited by its geographic focus on a single riverine islet and its reliance on descriptive statistics, it provides a highly rigorous practical foundation for destination management. Future research should utilize longitudinal data and advanced predictive structural modeling (such as SmartPLS) to track the long-term efficacy of the proposed B2B marketing alliances and product diversification strategies as the regional administrative restructuring unfolds.

REFERENCES

Asher, J., & Krishna, R. (2024). Evolving source markets in Southeast Asian tourism: The rise of the contemporary Indian outbound traveler. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, *7*(2), 142–159.
Buhalis, D., & Volgger, M. (2023). Managing day-tripper density and experiential polarization in fragile island destinations. *Tourism Management Perspectives*, *46*, Article 101089.
Chen, X., & Kim, S. (2025). Deconstructing the satisfaction-loyalty paradox in structured package tour distribution channels. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, *37*(4), 1102–1121.
Coban, S., & Yildiz, T. (2024). Destinasyon imajı ve sürdürülebilir turizm: Kaynakça analizi ve geleceğe yönelik araştırma alanları [Destination image and sustainable tourism: A bibliometric analysis and future research domains]. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, *35*(1), 45–58.
Gretzel, U., & Koo, C. (2021). Data-driven B2B destination marketing alliances: Structural shifts in destination management organization protocols. *Journal of Travel Research*, *60*(8), 1675–1692.
Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, *31*(1), 2–24.

Huynh, K. M. (2026). *Mapping global knowledge structures in riverine ecotourism: A foundational Web of Science bibliometric index*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Faculty of Social Sciences and Humanities, Ton Duc Thang University.

Lee, H., & Park, J. (2024). Intersectional structural gaps in community-based ecotourism research: A multi-tier bibliometric review. *Sustainability*, *16*(3), 1204.

National Assembly of the Socialist Republic of Vietnam. (2025). *Resolution No. 202/2025/NQ-QH15: Rearrangement and restructuring of administrative units at district and communal levels for the 2023–2025 period*. Hanoi, Vietnam: National Assembly Publishing House.

Nguyen, T. V., & Le, K. D. (2023). Operational bottlenecks and product replication loops in the sustainable development of Mekong Delta agritourism. *Vietnam Journal of Social Sciences and Humanities*, *9*(2), 215–231.

Tien Giang Department of Culture, Sports and Tourism. (2025). *Annual statistical report on international arrivals and distribution channels in Thoi Son Islet ecosystem*. My Tho, Vietnam: Tien Giang Peoples Committee.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, *84*(2), 523–538.

CASHLESS POLICY AND ECONOMIC GROWTH OF NIGERIA: A REVIEW OF EMPIRICAL STUDIES

Dr. Daniel Marcel

Department of Business Administration Mudiame University, Irrua, Edo State, Nigeria

Aiyebelehin, Emoshoriamhe Ruth

Department of Economics Mudiame University, Irrua, Edo State, Nigeria

ABSTRACT

The Central Bank of Nigeria (CBN) is in charge of implementing policies that regulate the quantity, cost, accessibility, and flow of credit and money within an economy. This study looks at empirical research on Nigeria's cashless policy and economic expansion. In order to achieve this, it looks at empirical research on how a cashless policy might boost Nigeria's economic growth, concentrating on studies published between 2021 and 2025. The assessment highlights the advantages of cashless policies and economic growth, as well as the problems that must be fixed before they can be adopted in the future. It accomplishes this by gathering the most important conclusions from papers found in reliable sources like IEEE Xplore, Google Scholar, and Scopus. According to the empirical literature, Nigeria's cashless policy has a positive effect on economic growth by modernizing the payment system, lowering the cost of managing currency, and promoting financial inclusion. However, research indicates that persistent obstacles to optimizing the policy's potential include insufficient infrastructure and unequal adoption rates. Based on the results, the study suggested that the government promote a cashless policy in order to lower the level of inflation through the actions of monetary authorities by supporting Nigerian money deposit banks. In order to reduce the money supply and its impact on the economy, which would be evident through cashless policy operations, the government must take the initiative to regulate the rate of money supply through cashless activities by the monetary authority (CBN).

Keywords: cashless policy, economic growth, Nigeria

- **Introduction**

Internet banking and mobile banking have revolutionized Nigeria's business environment, with the cashless policy being implemented (Adediran &Adekoya, 2023). Cashless policy was introduced by the central bank of Nigeria (CBN) into the Nigeria financial system in 2012 (Abu, 2025). Cashless economy is an economy where transactions are carried out without the use of physical cash as a medium of exchange but rather transactions is through online banking system that make use of credit or debit card to pay for goods and services (Goodnews, 2025). Cashless economy can be described as a condition in an economy where financial transactions are done without the carrying of physical cash from one person to another, it usually involves online banking, in which credit card or debit card payments is used to carryout transaction (Taiwo, 2025).

Monetary policy as a technique of economic management to bring about sustainable economic growth and development through cashless policy and banking introduced by the Central Bank of Nigeria (CBN) is not fully operational due to a high rate of illiteracy, inadequate sensitization/education of the benefits of the cashless policy, and in-adequate logistics (such as the provision of internet connections in commercial areas, computers and Point on Sale (POS) machines) (Ehiedu, et al., 2020).

In view of being one of the best and biggest economies in 2020, the CBN has started implementing the cashless policy/banking in some major states/cities in Nigeria, such as Lagos, Kano, Port Harcourt, and Onitsha. The CBN and pro-cashless policy activists have asserted reduction in crime rates, minimized risk associated with carrying huge sums of money, reduction in political corruption, reduction in banking costs, improvement in monetary policy in the management of inflation, and the overall growth and

development of the economy of Nigeria as advantages associated with the implementation of the cashless policy (Ogunlade & Amodu, 2024).

Apart from the physical challenges, economic data and indicators are not fully available and reliable. There is a great challenge in attempting to analyze the true impact of the cashless policy on the economy of Nigeria as only few monetary and macroeconomic indicators can be traced with relation to the subject matter. Several scholars have attempted to analyze the cashless system or e-banking. However, it becomes clear that few studies present a comprehensive evaluation of cash-less banking implications in developing countries. Most ignore its economic benefits of the equation while some do incomplete examination of its negative implications. This is often due to unreliable panel data for monetary and macroeconomic indicators. Although, this study focuses on Nigeria, it is difficult to translate cashless studies from one country to another. Even payments instruments that look similar across countries on the surface may be different due to historical and legal variations (Uhunmwangho & Abu (2025)).

The study will give various insights into the various implications the introduction of the cashless policy will have on the economy of Nigeria. Through examining various economic indicators such as the gross domestic product (GDP) and inflation, the study will examine and compare growth trends and changes to determine whether the cashless policy introduced by the CBN has a negative or positive effect on the economy of Nigeria.
Various challenges and prospects identified in the study will also enable various stakeholders to tackle these challenges effectively by making policies that will address them and boost the economy of Nigeria.

- Review empirical studies on cashless policy and economic growth Nigeria.
- Critique the empirical studies on cashless policy and economic growth Nigeria.

Review of Empirical Studies

Uhunmwangho and Abu (2025) investigated the connection between Nigerian economic growth and the cashless economy. A cashless economy is one in which transactions are completed using credit or debit cards rather than actual currency being transferred from one person to another. This implies that you can purchase things and pay for services without exchanging actual cash. The study's goal is to look into the connection between Nigeria's economic growth and the cashless economy as well as the relationship between exchange rates and Nigeria's economic growth. The study used secondary data, an ex post facto research design, and least squares estimation for data analysis. The study's conclusions demonstrate that a cashless economy has a major impact on Nigeria's economic growth and has also guaranteed financial deepening. It was noted that a cashless economy has improved business and led to financial openness.

Ogunlade and Amodu (2024) assessed the impact of cashless policies on Nigeria's economic development and growth. The study examined the relationship between Nigeria's cashless policy and economic growth and development using primary data from a structured questionnaire. Ten deposit money banks were chosen as the target demographic, and 181 of the 200 questionnaires that were sent were recovered. Peer-to-peer payments, electronic banking systems, and electronic transfer systems were the independent variables. The results demonstrated that cashless policies significantly boost economic development and growth. Technology, which could take the shape of internet connectivity or a secure internet server, is a crucial factor that enables the effective use of these cashless instruments but has not been included in this study.

Using secondary data from 1991 to 2022 and the ARDL model, Adediran and Adekoya (2023) investigate its effects. The results show a statistically significant positive correlation between economic growth and the technology-enabled cashless policy. In order to promote financial inclusion and economic advancement, the report suggests that governments engage in the structural development and increased accessibility of digital banking systems..

A study by Noman et al. (2023) examined the effects of cashless bank payments on economic growth using data from the G7—Canada, Germany, Japan, France, Italy, the United Kingdom, and the United States. The study examined the connection between cashless bank payments and economic development from 2010 to 2020 using secondary data from the World Bank economic database and the Bank for

International Settlements (BIS). Real Gross Domestic Product (GDP) was the dependent variable, whereas credit transfer, check payment, and card and e-money transactions were the independent variables. The link between these factors was examined using the Panel Autoregressive-Distributed Lag (ARDL). Although credit transfer had a negligible correlation with real GDP, the results indicated a favorable association over the short and long terms.

(Chukwuma et al., 2020) conducted a study on the effect of the cashless policy on Nigeria's economic growth. Given the data's availability at the time the study was conducted, secondary data from the Central Bank of Nigeria Statistical Bulletin, Nigeria Stock Exchange Fact Book, and Exchange Commission database covering the years 2013 to 2019 were used. Automated teller machines (ATMs), point of sale, mobile and online banking, and real GDP were the variables used for the analysis. However, the study lacked analytical content and instead used historical findings as the foundation for an effect analysis that included a variety of variables. The study's findings indicates that it is impossible to determine what effect a cashless policy has on economic growth.

Ehiedu et al. (2020) started researching the relationship between Nigeria's economic growth and the cashless policy model. The study looks on the relationship between Point of Sale (POS) and job possibilities as well as the effect of Automated Teller Machines (ATM) on money laundering activities in Nigeria. The findings indicate that ATMs lessen money laundering, POSs help create jobs, and e-banking services have a favorable effect on Nigeria's economic expansion. There was insufficient evidence to demonstrate how ATMs can successfully lower money laundering in the country.

Agu & Agu, 2020) used quarterly time series data from the World Bank Development Indicator and the Central Bank Statistical Bulletin Annual Report to examine the effect of the cashless policy on economic growth in Nigeria for the years 2010–2018. The study examined how the cashless policy affected Nigeria's economic performance using the Johansen cointegration test and the Granger causality test. It discovered that whereas ATM and internet payments had a negative effect on economic growth, check payments and point-of-sale services had a positive link. However, there was no discernible connection between online payment and check value.

- **Methodology**

The investigation searched the pertinent literature using a variety of well-known digital repositories and databases. The relevant literature was specifically searched using IEEE Xplore, Springer, Taylor & Francis, ERIC Science Direct, and Wiley. To make sure the study didn't overlook any crucial information, it also used Google and Google Scholar to search for cashless policy and economic growth. To ensure that the search was targeted and current, we employed sophisticated search tools to restrict our search results to articles published between 2021 and 2025 (Piasecki et al., 2018).

- **Findings of the Empirically Reviewed Papers**

The majority of the empirical publications that have been examined worldwide come from developing nations, while just a small percentage come from developed nations. All of the reviewed papers are empirical and employ various study designs. Numerous gaps with similarities across different regions were found. These deficiencies include, among other things, improper design and data collection tools, inaccurate instrument validation procedures, and erroneous data analysis techniques. As a result, the results showed that a cashless policy significantly influences economics in Nigeria.

- **Conclusions**

The primary objective of this study was to review empirical literature on cashless policies and economic growth in Nigeria. The examined study states that cashless policies have a major influence on economic growth decision-making. Based on the findings, the report recommended that the government encourage Nigerian money deposit banks and implement a cashless policy to reduce inflation through monetary authorities' activities. The government must take the initiative to control the rate of money supply

through cashless activities by the monetary authority (CBN) in order to lessen the money supply and its impact on the economy, which would be seen through cashless policy operations.

References

Abu (2025). cashless economy. The Nigeria story. *Vet*, 2(2) 10-20.

Adediran, O. & Adekoya, O. (2023). Cashless policy and economic growth in Nigeria: Achieving SDG-8. *International Conference on Africa's Sustainable development* (ICASuD) 2023.

Agu, A. O, & Agu, S. V, (2020). Cashless Policy and the Nigerian Economy: A Disaggregated Approach. *Internal Journal of Humanities, Social Sciences and Education*. Retrieved from https://api.semanticscholar.org/CorpusID:243134493

Chukwuma, I. C., Chris, O. I., & Martins, E. (2020). Impact of cashless policy on the economic growth of Nigeria. *In International Journal of Multidisciplinary Research and Development* www.allsubjectjournal.com, 7(11).

Ehiedu, V. C., Odita, A. O., & Kifordu, A. A. (2020). Cashless policy model and Nigeria economic growth. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(7), 1975–1982

Noman, M., Maydybura, A., Ahmed Channa, K., Wong, W.-K., & Hussain Chang, B. (2023). Impact of cashless bank payments on economic growth: Evidence from G7 countries

Ogunlade, D. A., & Amodu, A. (2024). The influence of the cashless policy on economic growth and development. *KIU Journal of Social Sciences*,10(1).

Piasecki, J., Waligora, M., & Dranseika, V. (2018). Google search as an additional source in systematic reviews. *Science and Engineering Ethics*, 24, 809–81

PROBLEMS OF HAZARDOUS LIQUIDS TRANSPORTING IN TANKS OVER ROUGH ROADS

Volodymyr HOLOTA (ORCID: 0009-0005-7461-4376)

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

D.Sc., Olena SIERIKOVA (ORCID: 0000-0003-0354-9720)

National Scientific Center "Hon. Prof. M.S. Bokarius Forensic Science Institute" of the Ministry of Justice of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

D.Sc., Elena STRELNIKOVA (ORCID: 0000-0003-0707-7214)

A.M. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

PhD, Kyryl DEGTYARIOV (ORCID: 0000-0002-4486-2468)

A.M. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Abstract.

The paper treats the influence of road surface irregularities on the dynamics of the hazardous liquids movement in tanker trucks. The features of the occurrence of liquid sloshing under the vertical and horizontal vibrations of the vehicle, as well as the conditions for the occurrence of resonant and parametric resonant phenomena, have been considered.

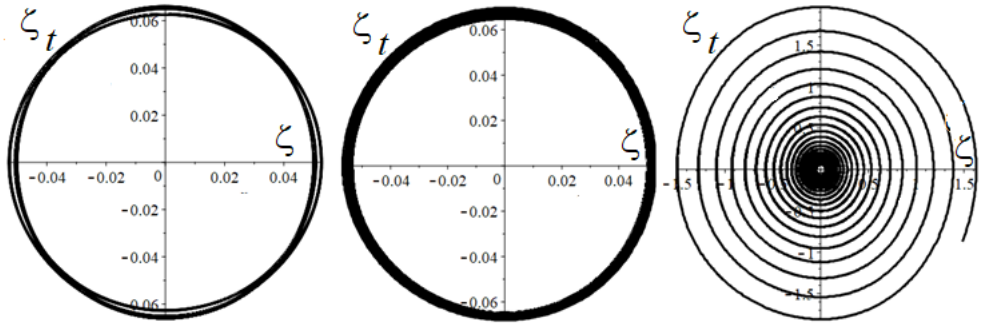
Keywords: tanker truck, liquid sloshing, environmental safety, environment, hazardous effects of liquid, transportation of hazardous liquids.

In transporting process of dangerous liquids in tanker trucks, the vibrations of the liquid inside the tank have a significant impact on traffic safety. In driving on an uneven or wavy road, the vehicle is subjected to vertical and horizontal vibrations, which cause sloshing of the liquid and could lead to the occurrence of resonance phenomena [1-2].

Of particular danger is the combined vertical-horizontal excitation, in which additional resonant modes and subresonances arise, accompanied by an increase in the amplitude of oscillations of the liquid free surface. To study these processes, the paper considers the movement of a liquid in a rigid cylindrical shell under harmonic excitation:

$$a_x(t) = a_h \cos(\omega_h t), \quad a_z(t) = a_v \cos(\omega_v t),$$

The shell-fluid system was at rest at the beginning of the motion. Calculations of the free surface motion have been carried out for different values of the excitation parameters: amplitudes a_h, a_v and frequencies ω_h, ω_v. Initially, purely vertical excitations were considered, i.e., it has been assumed that a_h=0. Phase portraits of motion in coordinates $(\zeta, \dot{\zeta})$ have been shown on Fig. 1.

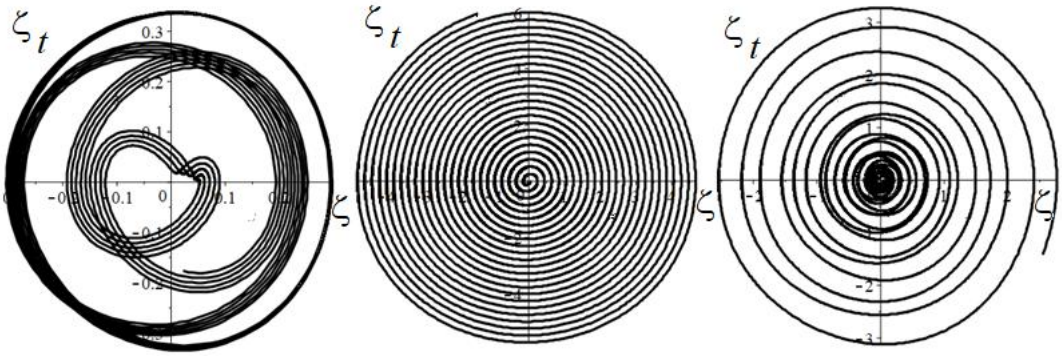


a b c

Fig. 1. Phase portraits of fluid motion under vertical load for 200 s.

Fig. 1.a) corresponds to a_h=0, a_v=1, ω_v=1 Hz, while Fig. 1. b) and 1.c) correspond to a_h=0, a_v=1, з ω_v =0.65959 Hz and ω_v = 1.31918 Hz respectively. The results show that in the first two cases the movements are stable, while for ω_v = 1.31918 Hz the amplitude increases without limits, which corresponds to the case of parametric resonance (the excitation frequency is equal to twice the fundamental frequency) [3].

Next, combined vertical and horizontal excitations were considered, i.e., a horizontal load has been added. As a result of the calculations, phase portraits have been obtained in the coordinates (ζ, $\dot{\zeta}$), which have been shown in Fig. 2.



a b c

Fig. 2. Phase portraits of fluid motion under combined load for 200 s.

The following combined excitation parameters have been applied: Fig. 2a): a_h=0.1, a_v=1, ω_h= ω_v =1 Hz; Fig. 2b): a_h=0.1, a_v=1, ω_h= ω_v =0.65959 Hz; Fig. 2c): a_h=0.1, a_v=1, ω_h - ω_v =0.65959 Hz.

It should be noted that in this case another resonance associated with horizontal excitation has been observed. ω_h =0.65959 Hz, as well as sub-resonance associated with ω_h - ω_v =0.65959 Hz.

Note also that certain combinations of vehicle speed V and wavelengths of the path L_r could lead to parametric instability.

The enhancement of sloshing could occur even with small road irregularities.

Vertical excitation could indirectly enhance sloshing in taking into account the nonlinear modal coupling [4-5].

Thus, driving on an undulating road causes a parametric excitation of sloshing modes due to the modification of the gravity force.

This effect must be taken into account when assessing the safety of transporting tanker trucks containing hazardous liquids.

Conclusions. Paper investigates the effect of vertical oscillations that occur in a tanker truck moving along a wavy road surface on the dynamics of the fluid in the tank. It is established that vertical accelerations of the vehicle lead to a change in the effective gravitational force acting on the fluid, resulting in parametric excitation of free surface sloshing modes.

It has been established that certain combinations of vehicle speed and road roughness wavelength could lead to parametric instability of fluid motion even with minor road surface irregularities. Vertical excitation could also enhance fluid sloshing in the presence of a nonlinear modal relationship.

Thus, the movement of a tanker truck along a wavy road causes parametric excitation of fluid sloshing modes due to a change in the effective gravitational field. The results obtained indicate the need to take this effect into account in assessing the safety of tanker truck operation and transportation of hazardous liquids to ensure the environmental safety of storage and transportation of such liquids.

References:

1. Sierikova O., Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V. Reducing environmental hazards of prismatic storage tanks under vibrations. WSEAS Transactions on Circuits and Systems. 2022. Vol. 21. P. 249–257. DOI: https://doi.org/10.37394/23201.2022.21.27.

2. Holota V. Ensuring conditions for environmentally safe petroleum products transportation in tanks. Scientific and Practical Journal “Environmental Sciences”. 2025. № 1(58). P. 240–245. DOI: https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.39.

3. Sierikova O., Koloskov V., Degtyarev K., Strelnikova E. Improving the mechanical properties of liquid hydrocarbon storage tank materials. Materials Science Forum. 2022. Vol. 1068. P. 223–229. DOI: https://doi.org/10.4028/p-888232.

4. Sierikova O., Strelnikova E., Gnitko V., Tonkonozhenko A., Pisnia L. Nanocomposites implementation for oil storage systems electrostatic protection. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 367. P. 573–585. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_49.

5. Sierikova O., Strelnikova E., Kriutchenko D. Membrane installation in storage tanks for seismic loads impact protection. Acta Periodica Technologica. 2023. Vol. 54. P. 209–222. DOI: https://doi.org/10.2298/APT2354209S.

POLYPHENOLS AND RESISTANCE TRAINING IN HEALTHY AGING: A GEROSCIENCE-BASED SYNERGISTIC APPROACH TO BRAIN AND MUSCLE HEALTH

Mónika Fekete, Andrea Lehoczki, Ágnes Szappanos, Vince Fazekas-Pongor

Institute of Preventive Medicine and Public Health, Semmelweis University, 1089 Budapest, Hungary; ORCID: 0000-0001-8632-2120

Abstract

Aging is the strongest risk factor for most chronic diseases, particularly neurodegenerative disorders. The geroscience framework proposes that age-related diseases share common biological mechanisms; therefore, targeting the underlying hallmarks of aging may simultaneously delay multiple pathological conditions. Polyphenols are promising bioactive compounds because they modulate several key aging-related pathways, including oxidative stress, chronic inflammation, mitochondrial dysfunction, and longevity-associated signaling pathways such as AMPK, mTOR, and sirtuins.

This presentation provides an overview of the potential role of polyphenol-rich dietary patterns in promoting healthy aging, with special emphasis on Alzheimer's and Parkinson's diseases. Both preclinical and human studies suggest that polyphenols may beneficially influence amyloid-beta accumulation, neuroinflammation, tau pathology, mitochondrial function, and synaptic plasticity. In addition, by attenuating oxidative stress and anabolic resistance in aging skeletal muscle, polyphenols may enhance adaptive responses to resistance training.

Current evidence suggests that combining polyphenol-rich nutrition with resistance training may represent a multidimensional preventive strategy to support healthy aging, cognitive resilience, and musculoskeletal function. However, important translational limitations remain, including low bioavailability, interindividual variability driven by gut microbiota composition, and the limited number of large-scale long-term clinical trials. Future research should focus on personalized nutrition approaches integrating microbiome-related variability and well-designed clinical intervention studies within the geroscience framework.

Keywords: healthy aging; polyphenols; geroscience; neurodegeneration; Alzheimer's disease; Parkinson's disease; resistance training; oxidative stress; mitochondrial dysfunction; nutritional intervention

Funding: The project was funded by the Ministry of Innovation and Technology under the National Cardiovascular Laboratory Program: RRF-2.3.1-21-2022-00003 from the National Research, Development and Innovation Fund. Project no. TKP2021-NKTA-47 was also funded by the National Research, Development and Innovation Fund under the TKP2021-NKTA program, with the support of the Ministry of Innovation and Technology of Hungary. MF and VFP received funding from the Semmelweis University Excellence Research Program (KTKP), funded by the Faculty of Medicine, Semmelweis University.

INTRODUCTION

Population aging has become one of the most significant demographic and public health challenges of the twenty-first century (Ungvari et al., 2025). Increased life expectancy has led to a growing prevalence of age-related chronic diseases, including cardiovascular diseases, metabolic disorders, sarcopenia, frailty, and neurodegenerative conditions such as Alzheimer's disease (AD) and Parkinson's disease (PD) (Jarecsny et al., 2026). Importantly, aging itself is now recognized as the major biological driver underlying the development and progression of these disorders. Consequently, contemporary biomedical research has increasingly shifted from disease-specific approaches toward interventions targeting the fundamental mechanisms of aging (Naas et al., 2026).

The emerging field of geroscience proposes that multiple chronic diseases share common biological pathways associated with the aging process. According to the geroscience hypothesis, targeting the hallmarks of aging may simultaneously delay or attenuate the onset of several pathological conditions, thereby extending healthspan rather than merely lifespan (Jarecsny et al., 2026). Among the most extensively studied hallmarks are mitochondrial dysfunction, chronic low-grade inflammation ("inflammaging"), genomic instability, impaired proteostasis, cellular senescence, dysregulated nutrient-sensing pathways, and increased oxidative stress. These interconnected processes contribute not only to cognitive decline and neurodegeneration but also to the progressive deterioration of skeletal muscle mass and function observed during aging (Fekete et al., 2024).

Lifestyle-related interventions are considered particularly promising within the geroscience framework because they may influence several aging-related pathways simultaneously while remaining feasible and accessible at the population level (Lehoczki et al., 2026). Among these interventions, regular physical activity and dietary bioactive compounds have received substantial scientific attention (Fekete et al., 2025). Resistance training is widely recognized as one of the most effective non-pharmacological strategies for preserving muscle mass, strength, metabolic health, and functional independence in older adults (Mikó et al., 2024). Beyond its musculoskeletal benefits, resistance exercise also exerts positive effects on brain health through improved cerebral blood flow, enhanced neuroplasticity, and reduced neuroinflammation (Jarecsny et al., 2026). Nevertheless, aging-related anabolic resistance, mitochondrial impairment, and oxidative stress may limit adaptive responses to exercise in older individuals (Fekete et al., 2024).

Polyphenols constitute a large and structurally diverse group of naturally occurring phytochemicals present in fruits, vegetables, tea, coffee, cocoa, nuts, olive oil, and various medicinal plants (Ahmad et al., 2021). Increasing evidence suggests that polyphenols possess antioxidant, anti-inflammatory, neuroprotective, and mitochondria-supportive properties (Prabhu et al., 2021). Importantly, their biological effects extend beyond direct radical scavenging activity and involve the modulation of key signaling pathways associated with aging and cellular resilience, including AMP-activated protein kinase (AMPK), mammalian target of rapamycin (mTOR), nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2), and sirtuin signaling pathways (Durazzo et al., 2019). Through these mechanisms, polyphenols may contribute to improved mitochondrial biogenesis, reduced cellular senescence, enhanced autophagy, and attenuation of chronic inflammation (Rasulov et al., 2024).

Several experimental and clinical studies indicate that polyphenols may exert beneficial effects on both brain and skeletal muscle health during aging (Ticinesi et al., 2023). In neurodegenerative diseases, polyphenols have been shown to modulate amyloid-beta aggregation, tau hyperphosphorylation, neuroinflammation, oxidative stress, and synaptic dysfunction (Chen et al., 2025). Simultaneously, in skeletal muscle, polyphenols may attenuate exercise-induced oxidative damage, improve endothelial function and muscle perfusion, and potentially enhance adaptive responses to resistance training (Zhang et al., 2025). Consequently, the combined application of resistance training and polyphenol-rich nutrition may represent a synergistic strategy capable of targeting multiple hallmarks of aging simultaneously (Lei & Rezaei, 2025).

Despite these promising findings, several important limitations remain unresolved. The clinical translation of polyphenol research is complicated by low bioavailability, rapid metabolism, substantial interindividual variability, and the influence of gut microbiota composition on polyphenol metabolism (Mahdi et al., 2025). Furthermore, the current body of evidence is characterized by heterogeneity in study design, intervention duration, dosage, and the specific polyphenol compounds investigated. Large-scale, long-term randomized controlled trials are still limited, particularly regarding combined lifestyle interventions involving exercise and nutrition within older populations.

Therefore, the aim of this review is to summarize current evidence regarding the synergistic interaction between polyphenol-rich nutrition and resistance training in healthy aging from a geroscience perspective. Particular emphasis is placed on mechanisms related to brain and muscle health, including oxidative stress, inflammation, mitochondrial dysfunction, neurodegeneration, and anabolic resistance. In addition, translational challenges and future directions for personalized preventive strategies integrating nutritional and exercise-based interventions are discussed.

METHODS

This narrative review was conducted using a comprehensive literature search in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases. Original articles, randomized controlled trials, meta-analyses, systematic reviews, and experimental studies published in English between 2000 and 2026 were considered. The search strategy included combinations of the following keywords: “polyphenols”, “healthy aging”, “geroscience”, “resistance training”, “neurodegeneration”, “Alzheimer’s disease”, “Parkinson’s disease”, “oxidative stress”, “mitochondrial dysfunction”, “muscle aging”, “sarcopenia”, and “exercise”.

Studies were selected based on their relevance to the interaction between polyphenol-rich nutrition, resistance exercise, and biological mechanisms of aging. Particular emphasis was placed on studies investigating oxidative stress, inflammation, mitochondrial function, anabolic resistance, and longevity-associated signaling pathways, including AMPK, mTOR, and sirtuins. Both preclinical and human studies were included to provide a translational perspective within the geroscience framework.

RESULTS

Polyphenols, Geroscience Pathways, and Neuroprotection

Current evidence suggests that polyphenols exert multidimensional effects on several hallmarks of aging associated with neurodegeneration and musculoskeletal decline (Liu et al., 2024). Both experimental and clinical studies indicate that polyphenol-rich dietary interventions may reduce oxidative stress, attenuate chronic low-grade inflammation, improve mitochondrial function, and modulate nutrient-sensing pathways implicated in aging biology (Pereira et al., 2023).

In neurodegenerative disorders, especially Alzheimer’s disease and Parkinson’s disease, polyphenols have demonstrated neuroprotective properties through multiple mechanisms (Hussain et al., 2018). Experimental studies report that flavonoids, resveratrol, curcumin, catechins, and quercetin may decrease amyloid-beta aggregation, inhibit tau hyperphosphorylation, reduce neuroinflammation, and improve synaptic plasticity (Bellavite, 2023). Furthermore, activation of AMP-activated protein kinase (AMPK), sirtuin signaling, and nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) pathways appears to contribute substantially to cellular resilience and neuronal survival.

Resistance training independently improves muscle strength, insulin sensitivity, mitochondrial efficiency, and functional capacity during aging. Importantly, emerging studies suggest that combining resistance training with polyphenol-rich nutrition may produce additive or synergistic effects, particularly through reductions in oxidative stress and inflammation, alongside improvements in endothelial function and muscle recovery (Flensted-Jensen et al., 2025).

Table 1. Major Polyphenols and Their Proposed Mechanisms in Healthy Aging.

Polyphenol	Main Dietary Sources	Proposed Biological Mechanisms	Potential Aging-Related Benefits
Resveratrol	Grapes, red wine, berries	SIRT1 activation, AMPK modulation, antioxidant activity	Improved mitochondrial function, neuroprotection
Curcumin	Turmeric	NF-κB inhibition, anti-inflammatory effects	Reduced neuroinflammation and oxidative stress
Epigallocatechin gallate (EGCG)	Green tea	Antioxidant activity, mitochondrial support	Enhanced neuronal survival and metabolic regulation
Quercetin	Apples, onions, berries	Senolytic potential, anti-inflammatory properties	Improved vascular and muscular function
Anthocyanins	Blueberries, blackberries	Improved endothelial function, reduced oxidative damage	Cognitive support and exercise recovery

Polyphenols and Resistance Training Adaptations

Several intervention studies suggest that polyphenol supplementation may enhance physiological adaptations to resistance training in older adults (Martinez-Negrin et al., 2022). Improvements have been reported in muscle recovery, endothelial function, exercise tolerance, and reductions in biomarkers of oxidative damage. Some studies also observed improved muscle protein synthesis signaling and reduced inflammatory cytokine expression (Fazekas-Pongor et al., 2026).

Nevertheless, findings remain heterogeneous due to differences in study design, participant characteristics, intervention duration, polyphenol dosage, and bioavailability. Translational limitations are further complicated by substantial interindividual variability linked to gut microbiota composition and metabolism.

Table 2. Potential Synergistic Effects of Polyphenols and Resistance Training.

Biological Target	Effect of Resistance Training	Effect of Polyphenols	Potential Synergistic Outcome
Oxidative stress	Enhanced endogenous antioxidant defense	Direct and indirect antioxidant effects	Reduced cellular damage
Inflammation	Reduced inflammatory markers	NF-κB modulation and cytokine reduction	Attenuation of inflammaging
Mitochondrial function	Increased mitochondrial biogenesis	AMPK and SIRT1 activation	Improved energy metabolism
Muscle function	Increased muscle strength and mass	Reduced anabolic resistance	Enhanced exercise adaptation
Cognitive function	Improved neuroplasticity and cerebral perfusion	Neuroprotective and anti-inflammatory effects	Greater cognitive resilience

Figure 1. Geroscience-Based Interaction Between Polyphenols and Resistance Training.

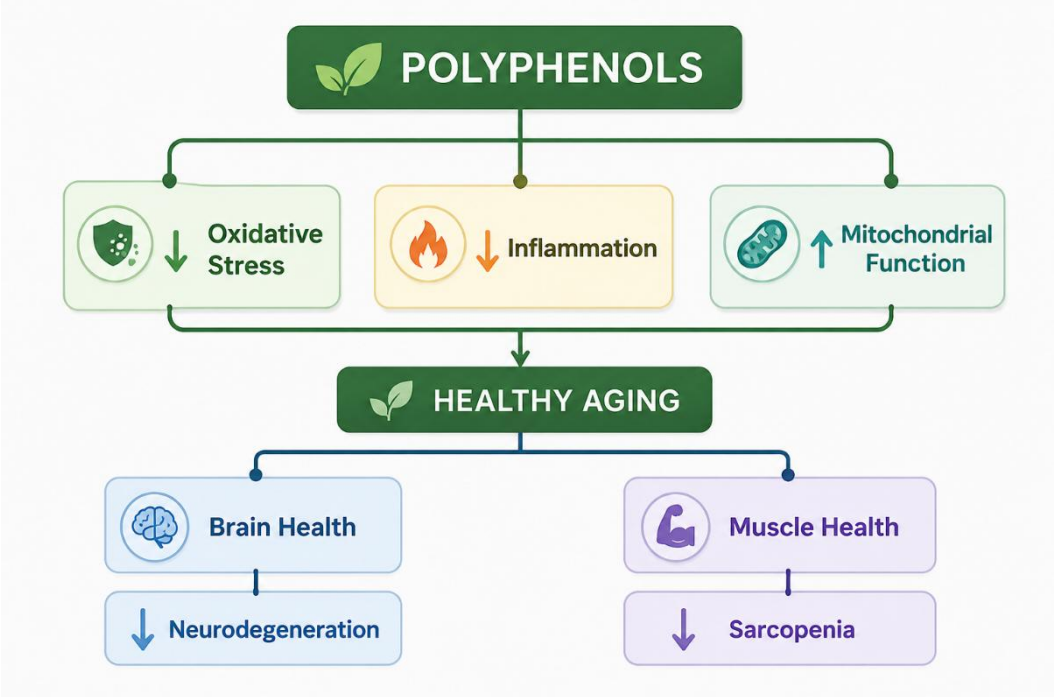
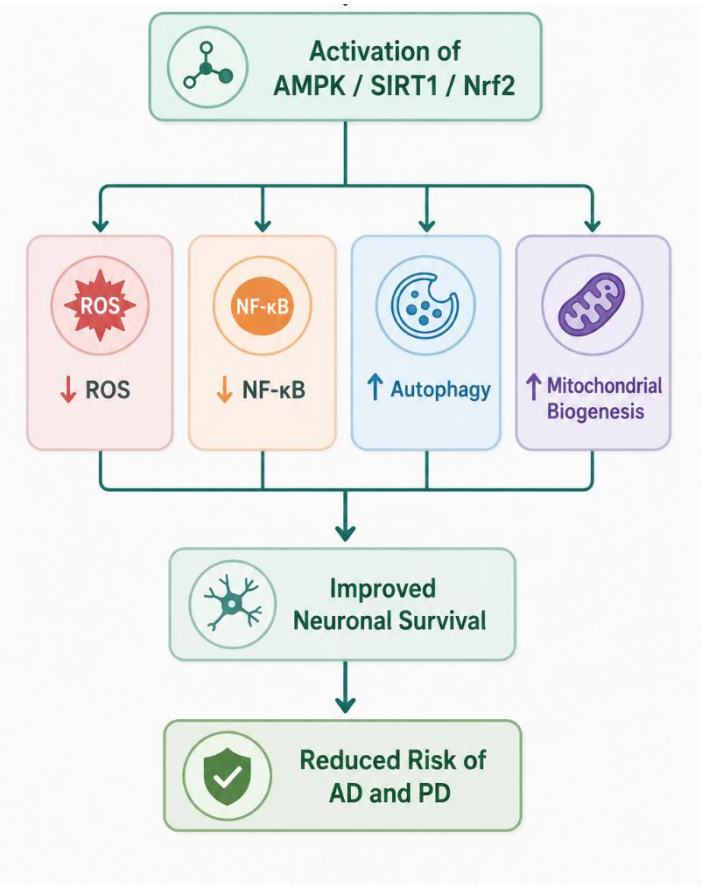


Figure 2. Proposed Mechanisms of Polyphenol-Mediated Neuroprotection.



Overall, the current literature supports the hypothesis that polyphenol-rich nutrition and resistance training may interact synergistically to target multiple hallmarks of aging simultaneously. The combination appears particularly promising for preserving cognitive function, reducing neurodegenerative processes, improving mitochondrial health, and attenuating age-related musculoskeletal decline. However, despite encouraging mechanistic evidence and early clinical findings, robust large-scale randomized controlled trials remain limited. Future studies should focus on standardized intervention protocols, long-term outcomes, microbiome-related variability, and personalized preventive approaches within the geroscience framework.

DISCUSSION

The present review highlights the growing evidence supporting the combined role of polyphenol-rich nutrition and resistance training in promoting healthy aging through mechanisms consistent with the geroscience framework (Pandics et al., 2023; Zábó, Buda, et al., 2025; Lehoczki et al., 2025). Aging is characterized by interconnected biological alterations, including chronic inflammation, oxidative stress, mitochondrial dysfunction, impaired autophagy, and anabolic resistance, all of which contribute to neurodegeneration and sarcopenia. Importantly, both resistance exercise and polyphenols appear capable of modulating several of these pathways simultaneously (Lehoczki et al., 2025; Mózes et al., 2026).

One of the most relevant findings is the potential synergistic interaction between exercise-induced adaptive responses and the bioactive properties of polyphenols. Resistance training remains one of the most effective non-pharmacological interventions for maintaining muscle mass, strength, and functional independence during aging. Simultaneously, polyphenols may enhance exercise adaptations by attenuating oxidative damage, improving endothelial function, supporting mitochondrial biogenesis, and modulating inflammatory signaling pathways (Fazekas-Pongor et al., 2026; Jarecsny et al., 2026).

From a neuroprotective perspective, current evidence indicates that polyphenols may influence key pathological processes involved in Alzheimer's disease and Parkinson's disease, including amyloid-beta accumulation, tau pathology, mitochondrial impairment, and neuroinflammation. Experimental models consistently demonstrate beneficial effects; however, translation into clinical practice remains challenging. Human intervention studies often produce heterogeneous outcomes, which may partly reflect differences in polyphenol composition, dosage, treatment duration, and participant characteristics (Chen et al., 2025; Major et al., 2026; Ungvari et al., 2025).

An additional challenge concerns the bioavailability of polyphenols. Many polyphenolic compounds undergo rapid metabolism and exhibit relatively low systemic absorption. Increasing evidence suggests that gut microbiota composition plays a crucial role in determining the biological activity and effectiveness of dietary polyphenols. Consequently, interindividual variability may substantially influence therapeutic outcomes and partially explain inconsistencies across clinical trials (Mukli et al., 2026; Ungvari et al., 2025).

The geroscience perspective emphasizes that interventions targeting multiple hallmarks of aging may provide broader preventive benefits than disease-specific approaches. In this context, combining resistance training with polyphenol-rich dietary strategies represents a promising multidimensional intervention capable of simultaneously supporting cognitive resilience, metabolic health, mitochondrial function, and musculoskeletal integrity.

Nevertheless, several limitations should be acknowledged. Much of the available evidence derives from preclinical or short-term studies, while large-scale randomized controlled trials in older populations remain limited. Furthermore, standardized protocols regarding exercise intensity, training duration, polyphenol dosage, and nutritional composition are still lacking. Future studies should prioritize personalized approaches integrating genetic, metabolic, and microbiome-related variability to optimize intervention efficacy.

CONCLUSION

Polyphenols and resistance training represent complementary lifestyle-based interventions with considerable potential to promote healthy aging within the geroscience framework. Current evidence suggests that their combined application may beneficially modulate oxidative stress, chronic inflammation, mitochondrial dysfunction, anabolic resistance, and neurodegenerative processes associated with aging.

The integration of polyphenol-rich dietary patterns with regular resistance exercise may therefore contribute to improved cognitive resilience, preservation of muscle function, and extension of healthspan. Although existing mechanistic and early clinical findings are encouraging, further well-designed long-term human studies are required to establish optimal intervention strategies and clarify translational applicability.

Future research should focus on personalized preventive models that incorporate nutritional factors, physical activity, gut microbiota composition, and biological aging markers in order to develop effective multidimensional interventions for healthy aging.

REFERENCES

Ahmad, A., Ahmad, V., Zamzami, M. A., Chaudhary, H., Baothman, O. A., Hosawi, S., Kashif, M., Akhtar, M. S., & Khan, M. J. (2021). Introduction and classification of natural polyphenols. In Polyphenols-Based Nanotherapeutics for Cancer Management (pp. 1-16). Springer.

Bellavite, P. (2023). Neuroprotective potentials of flavonoids: Experimental studies and mechanisms of action. Antioxidants, 12(2), 280.

Chen, G., Su, Y., Chen, S., Lin, T., & Lin, X. (2025). Polyphenols and Alzheimer's Disease: A Review on Molecular and Therapeutic Insights With In Silico Support. Food Science & Nutrition, 13(9), e70496.

Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E. B., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A. A., Novellino, E., & Santini, A. (2019). Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. Phytotherapy Research, 33(9), 2221-2243.

Fazekas-Pongor, V., Major, D., Varga, J. T., Lehoczki, A., Varga, P., Jarecsny, T., Lipécz, Á., Csípő, T., Szappanos, Á., Matiscsák, A., & Fekete, M. (2026). Physiological and Recovery Responses to Dietary Polyphenols in the Context of Exercise: Relevance for Muscle Aging and Sarcopenia. Nutrients, 18(5). https://doi.org/10.3390/nu18050788

Fekete, M., Jarecsny, T., Lehoczki, A., Major, D., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Lipécz, Á., Szappanos, Á., Pázmándi, E. M., Varga, P., & Varga, J. T. (2025). Mediterranean Diet, Polyphenols, and Neuroprotection: Mechanistic Insights into Resveratrol and Oleuropein. Nutrients, 17(24). https://doi.org/10.3390/nu17243929

Fekete, M., Lehoczki, A., Csípő, T., Fazekas-Pongor, V., Szappanos, Á., Major, D., Mózes, N., Dósa, N., & Varga, J. T. (2024). The role of trace elements in COPD: pathogenetic mechanisms and therapeutic potential of zinc, iron, magnesium, selenium, manganese, copper, and calcium. Nutrients, 16(23), 4118.

Fekete, M., Lehoczki, A., Kryczyk-Poprawa, A., Zábó, V., Varga, J. T., Bálint, M., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Rząsa-Duran, E., & Varga, P. (2025). Functional foods in modern nutrition science: mechanisms, evidence, and public health implications. Nutrients, 17(13), 2153.

Fekete, M., Lehoczki, A., Tarantini, S., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Csizmadia, Z., & Varga, J. T. (2023). Improving Cognitive Function with Nutritional Supplements in Aging: A Comprehensive Narrative Review of Clinical Studies Investigating the Effects of Vitamins, Minerals, Antioxidants, and Other Dietary Supplements. Nutrients, 15(24). https://doi.org/10.3390/nu15245116

Fekete, M., Major, D., Feher, A., Fazekas-Pongor, V., & Lehoczki, A. (2024). Geroscience and pathology: a new frontier in understanding age-related diseases. Pathology and Oncology Research, 30, 1611623.

Fekete, M., Szarvas, Z., Fazekas-Pongor, V., Feher, A., Csipo, T., Forrai, J., Dosa, N., Peterfi, A., Lehoczki, A., & Tarantini, S. (2022). Nutrition strategies promoting healthy aging: from improvement of cardiovascular and brain health to prevention of age-associated diseases. Nutrients, 15(1), 47.

Fekete, M., Varga, P., Ungvari, Z., Fekete, J. T., Buda, A., Szappanos, Á., Lehoczki, A., Mózes, N., Grosso, G., Godos, J., Menyhart, O., Munkácsy, G., Tarantini, S., Yabluchanskiy, A., Ungvari, A., & Győrffy, B. (2025). The role of the Mediterranean diet in reducing the risk of cognitive impairement, dementia, and Alzheimer's disease: a meta-analysis. Geroscience, 47(3), 3111-3130. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01488-3

Flensted-Jensen, M., Weinreich, C. M., Kleis-Olsen, A.-S., Hansen, F., Skyggelund, N. S., Pii, J. R., Whitlock, R., Karlsen, A., Ingersen, A., & Reihmane, D. (2025). Resistance-based training improves mitochondrial capacity and redox balance in aging adults, independent of polyphenol supplementation. Redox Biology, 103972.

Hussain, G., Zhang, L., Rasul, A., Anwar, H., Sohail, M. U., Razzaq, A., Aziz, N., Shabbir, A., Ali, M., & Sun, T. (2018). Role of plant-derived flavonoids and their mechanism in attenuation of Alzheimer's and Parkinson's diseases: An update of recent data. Molecules, 23(4), 814.

Jarecsny, T., Al-Muhanna, N., Fabian, D. R., Kosik, R., Schwab, R., Szollosi, G. J., Schandl, L., Tomasics, G., Pazmandi, E. M., & Folyovich, A. (2026). Optimizing Public Health Screening: Population-Specific BMI Thresholds for Targeted Body Composition Assessment in Hungary. Nutrients, 18(9), 1410.

Jarecsny, T., Lipécz, Á., Csípo, T., Szappanos, Á., Matiscsák, A., & Fekete, M. (2026). Physiological and Recovery Responses to Dietary Polyphenols in the Context of Exercise: Relevance for Muscle Aging and Sarcopenia.

Lehoczki, A., Csípő, T., Lipécz, Á., Major, D., Fazekas-Pongor, V., Csík, B., Mózes, N., Fehér, Á., Dósa, N., Árva, D., Pártos, K., Kaposvári, C., Horváth, K., Varga, P., & Fekete, M. (2025). Western

Diet and Cognitive Decline: A Hungarian Perspective-Implications for the Design of the Semmelweis Study. Nutrients, 17(15). https://doi.org/10.3390/nu17152446

Lehoczki, A., Ungvari, Z., Szappanos, Á., Fekete, M., Gunkl-Tóth, L., & Nagy, G. (2026). Geroscience insights into difficult-to-treat rheumatoid arthritis: the role of unhealthy aging, comorbidity, and therapeutic complexity. Geroscience, 48(2), 2153-2177.

Lei, X., & Rezaei, M. J. (2025). Synergistic effects of polyphenols and exercise on obesity: targeting metabolism, muscle function, and adipose tissue remodeling. Frontiers in Nutrition, 12, 1679381.

Liu, Y., Fang, M., Tu, X., Mo, X., Zhang, L., Yang, B., Wang, F., Kim, Y.-B., Huang, C., & Chen, L. (2024). Dietary polyphenols as anti-aging agents: targeting the hallmarks of aging. Nutrients, 16(19), 3305.

Mahdi, L., Graziani, A., Baffy, G., Mitten, E. K., Portincasa, P., & Khalil, M. (2025). Unlocking polyphenol efficacy: The role of gut microbiota in modulating bioavailability and health effects. Nutrients, 17(17), 2793.

Major, D., Dósa, N., Balázs, P., Fekete, M., Pártos, K., Árva, D., Mészáros, Á., Terebessy, A., Tabák, Á. G., & Fazekas-Pongor, V. (2026). Global trends in the incidence and prevalence of Alzheimer's disease. Advances in Translational Research, 1661.2025. 00106.

Martinez-Negrin, G., Acton, J. P., Cocksedge, S. P., Bailey, S. J., & Clifford, T. (2022). The effect of dietary (poly) phenols on exercise-induced physiological adaptations: A systematic review and meta-analysis of human intervention trials. Critical reviews in food science and nutrition, 62(11), 2872-2887.

Mikó, E., Sipos, A., Tóth, E., Lehoczki, A., Fekete, M., Sebő, É., Kardos, G., & Bai, P. (2024). Guideline for designing microbiome studies in neoplastic diseases. Geroscience, 46(5), 4037-4057.

Mózes, N., Fehér, Á., Csípő, T., Fazekas-Pongor, V., Lipécz, Á., Major, D., Lehoczki, A., Dósa, N., Pártos, K., Csík, B., Yi, H. W., Kaposvári, C., Horváth, K., & Fekete, M. (2026). Ketogenic Diet and Brain Health: Cerebrovascular Mechanisms, Neuroprotection, and Translational Implications. Nutrients, 18(7). https://doi.org/10.3390/nu18071091

Mukli, P., Muranyi, M., Lipecz, Á., Szarvas, Z., Csípő, T., Fekete, M., Fazekas-Pongor, V., Peterfi, A., Fehér, Á., & Dosa, N. (2026). Age-and cognitive load–related variability and entropy of gait: integrating coefficient of variation, median absolute deviation, and permutation entropy of spatiotemporal parameters into the Semmelweis Study gait assessment framework. Geroscience, 1-26.

Naas, S., Fekete, M., Szendro, G., Komaromi, T., Rozgonyi, Z., Palmer, E., Polivka, L., Bakos, R., Szalai, B., & Muller, V. (2026). Multimodal Therapeutic Strategies for the Management of Sarcopenia and Frailty in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Narrative Review. Nutrients, 18(3), 543.

Pandics, T., Major, D., Fazekas-Pongor, V., Szarvas, Z., Peterfi, A., Mukli, P., Gulej, R., Ungvari, A., Fekete, M., & Tompa, A. (2023). Exposome and unhealthy aging: environmental drivers from air pollution to occupational exposures. Geroscience, 45(6), 3381-3408.

Pereira, Q. C., Dos Santos, T. W., Fortunato, I. M., & Ribeiro, M. L. (2023). The molecular mechanism of polyphenols in the regulation of ageing hallmarks. International journal of molecular sciences, 24(6), 5508.

Prabhu, S., Molath, A., Choksi, H., Kumar, S., & Mehra, R. (2021). Classifications of polyphenols and their potential application in human health and diseases. Int. J. Physiol. Nutr. Phys. Educ, 6(1), 293-301.

Rasulov, C. K., Hasanov, A. A., Hasanova, G. J., Heydarli, G. Z., & Rustamov, S. T. (2024). Polyphenols: general concepts and biological activity. Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 25(4).

Ticinesi, A., Nouvenne, A., Cerundolo, N., Parise, A., & Meschi, T. (2023). Accounting gut microbiota as the mediator of beneficial effects of dietary (poly) phenols on skeletal muscle in aging. Nutrients, 15(10), 2367.

Ungvari, A., Kállai, A., Stankovics, L., Lendvai-Emmert, D., Gulej, R., Pal, E., Patai, R., Csik, B., Fekete, M., & Lipecz, Á. (2025). Age-Related Alterations of Cerebral Autoregulation. Life, 15(11), 1669.

Ungvari, Z., Fekete, M., Lehoczki, A., Munkácsy, G., Fekete, J. T., Zábó, V., Purebl, G., Varga, P., Ungvari, A., & Győrffy, B. (2025a). Inadequate sleep increases stroke risk: evidence from a comprehensive meta-analysis of incidence and mortality. Geroscience, 47(3), 4679-4695.

Ungvari, Z., Fekete, M., Lehoczki, A., Munkácsy, G., Fekete, J. T., Zábó, V., Purebl, G., Varga, P., Ungvari, A., & Győrffy, B. (2025b). Sleep disorders increase the risk of dementia, Alzheimer's disease, and cognitive decline: a meta-analysis. Geroscience, 47(3), 4899-4920.

Zábó, V., Lehoczki, A., Buda, A., Varga, P., Fekete, M., Fazekas-Pongor, V., Moizs, M., Giovannetti, G., Loscalzo, Y., Giannini, M., Busse, B., Kellermayer, M., Nagyova, I., Yon, Y., Ádány, R., Merkely, B., Purebl, G., & Ungvari, Z. (2025). The role of burnout prevention in promoting healthy aging: frameworks for the Semmelweis Study and Semmelweis-EUniWell Workplace Health Promotion Program. Geroscience, 47(5), 6377-6398. https://doi.org/10.1007/s11357-025-01780-w

Zábó, V., Lehoczki, A., Fekete, M., Szappanos, Á., Varga, P., Moizs, M., Giovannetti, G., Loscalzo, Y., Giannini, M., Polidori, M. C., Busse, B., Kellermayer, M., Ádány, R., Purebl, G., & Ungvari, Z. (2025). The role of purpose in life in healthy aging: implications for the Semmelweis Study and the Semmelweis-EUniWell Workplace Health Promotion Model Program. Geroscience, 47(3), 2817-2833. https://doi.org/10.1007/s11357-025-01625-6

Zhang, X., Zhong, Y., & Rajabi, S. (2025). Polyphenols and post-exercise muscle damage: a comprehensive review of literature. European journal of medical research, 30(1), 260.

KAFKASYA MARİNASYONUN DA SOĞAN SUYU YERİNE CANCUR MEYVESİ KULLANIMININ ETİN DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF REPLACING ONION JUICE WITH CANCUR FRUIT IN CAUCASIAN MARINADE ON THE SENSORY PROPERTIES OF MEAT

Erdoğan KORKMAZ[1]

[1]Gastronom, Ardahan Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Ardahan, Türkiye.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-8340-8148

Duygu ALP BALTAKESMEZ [2]

[2] Doktor Öğretim Üyesi, Ardahan Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Ardahan, Türkiye.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3268-9677

Samet MISIR[3]

[3] Öğretim Görevlisi, Ardahan Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Ardahan, Türkiye.

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5502-5497

ÖZET

Marinasyon, et ürünlerinde tat, aroma, tekstür ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal özelliklerin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır. Geleneksel marinasyon yöntemlerinde kullanılan bileşenlerin alternatif yerel ürünlerle yeniden yorumlanması, gastronomik yenilik ve bölgesel ürünlerin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Kafkasya mutfağına özgü geleneksel marinasyon yönteminde kullanılan soğan suyunun yerine Ardahan yöresine özgü cancur meyvesinin kullanılmasının etin duyusal özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada kontrol grubu olarak geleneksel Kafkasya marinasyonu, deney grubu olarak ise aynı marinasyon formülasyonu korunarak yalnızca soğan suyu yerine cancur meyvesi kullanılan modifiye edilmiş marinasyon uygulanmıştır. Çalışmada iki yaşını tamamlamış sığır etinin antrikot bölgesi kullanılmış ve ürünler standart koşullarda marine edilmiştir. Duyusal analizler, Ardahan Üniversitesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü öğrencileri ve akademisyenlerinden oluşan eğitimli panelistler tarafından gerçekleştirilmiştir. Ürünler; tat, koku, lezzet, renk, doku, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik açısından 5'li Likert tipi ölçek kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, cancur meyvesi ile modifiye edilen marinasyonun ürünün duyusal özelliklerini olumlu yönde etkilediğini ve özellikle aroma, lezzet sürekliliği, ağız hissi ve genel kabul edilebilirlik boyutlarında yüksek değerlendirmeler aldığını göstermektedir. Sonuç olarak, yöresel bir ürün olan cancur meyvesinin marinasyon uygulamalarında alternatif bir bileşen olarak değerlendirilebileceği ve gastronomik ürün geliştirme çalışmalarına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Marinasyon, Cancur Meyvesi, Et Kalitesi, Duyusal Analiz, Gastronomi

ABSTRACT

Marination is a widely used practice in meat products to improve sensory properties such as taste, aroma, texture, and overall acceptability. Reinterpreting traditional marinade ingredients with alternative local products is important in terms of gastronomic innovation and the utilization of regional resources. This study aimed to determine the effect of replacing onion juice with the locally endemic cancur fruit from

Ardahan in the traditional Caucasian marination method on the sensory properties of meat. In the study, the traditional Caucasian marinade was used as the control group, while the experimental group consisted of a modified marinade formulation in which only onion juice was replaced with cancur fruit while maintaining the same formulation. Ribeye meat obtained from two-year-old cattle was used and marinated under standardized conditions. Sensory analyses were conducted by trained panelists consisting of students and academicians from the Department of Gastronomy and Culinary Arts at Ardahan University. The products were evaluated in terms of taste, aroma, flavor, color, texture, mouthfeel, and overall acceptability using a five-point Likert scale. The findings indicated that the marinade modified with cancur fruit positively affected the sensory characteristics of the product and received high evaluations, particularly in aroma, flavor persistence, mouthfeel, and overall acceptability dimensions. Consequently, cancur fruit, as a regional product, may be considered an alternative ingredient in marination applications and contribute to gastronomic product development studies.

Keywords: Marination, Cancur Fruit, Meat Quality, Sensory Analysis, Gastronomy

INTRODUCTION

Meat and meat products represent a significant source of protein, vitamins, and minerals in the human diet and occupy a prominent position in gastronomy and culinary sciences. Sensory characteristics such as flavour, aroma, colour, tenderness, and juiciness are among the most important determinants of consumer preference for meat products (Toldrá, 2017; Resconi et al., 2013). One of the most widely used techniques to improve these quality attributes is marination. Marination is defined as the process of treating meat with solutions containing acidic compounds, salt, spices, herbs, and aromatic ingredients for a certain period. Previous studies have demonstrated that marination enhances tenderness, flavour development, juiciness, and overall sensory acceptability while also improving technological quality characteristics (Toldrá, 2017; Alvarado & McKee, 2007).

In traditional culinary cultures, marination is not only a preservation technique but also an important gastronomic practice that contributes to the formation of distinctive regional flavours. Marinade formulations vary considerably according to local ingredients and cultural traditions. In recent years, the incorporation of traditional and regional products into innovative gastronomic applications has attracted increasing academic attention. The use of local ingredients in food production is considered an important component of sustainable gastronomy, food heritage preservation, and gastronomic innovation (Ellis et al., 2018; Richards, 2015; Sims, 2009).

Caucasian culinary culture is characterised by its extensive use of meat and meat products, particularly in grilled and open-fire cooking techniques. Traditional Caucasian marinades commonly include onion juice because of its tenderising properties and its contribution to flavour development. Onion contains sulfur compounds and endogenous enzymes that may positively affect meat texture and sensory quality (Aaslyng & Meinert, 2017). Similar findings have been reported in studies investigating the influence of plant-derived ingredients and natural acidic compounds on meat tenderness and flavour characteristics (Bekhit et al., 2014; Naveena et al., 2004).

Cancur fruit, naturally distributed in Ardahan and neighbouring regions, is a locally consumed plant product with a distinctive aroma profile and natural acidity. Despite its traditional use among local communities, its gastronomic applications remain largely unexplored. The growing interest in utilising indigenous ingredients in contemporary gastronomy has encouraged researchers to investigate alternative plant-based components that can contribute both to product innovation and to the preservation of regional culinary heritage (Björk & Kauppinen-Räisänen, 2016; Kivela & Crotts, 2006). However, no scientific study has been identified that evaluates the use of cancur fruit in meat marination processes. This gap in the literature constitutes the originality of the present study.

Therefore, the aim of this study is to determine the effects of replacing onion juice with cancur fruit in traditional Caucasian marination on the sensory characteristics of meat. The study compares conventional marination with a cancur fruit-based formulation and evaluates their effects on taste, aroma, flavour, texture, mouthfeel, and overall acceptability through sensory analysis.

METHOD

An experimental comparative research design was employed in this study. Experimental designs are frequently used in food science and sensory evaluation studies to determine the effects of specific treatments on product quality attributes and consumer perception (Stone & Sidel, 2004; Lawless & Heymann, 2010). The objective of the present study was to ascertain the impact of utilising cancur fruit, which is indigenous to the Ardahan region, as a substitute for onion juice, a conventional component of Caucasian marinades, on the sensory attributes of meat.

The meat used in the study was ribeye, obtained from two-year-old cattle sourced from local businesses in Ardahan Province. The meat was trimmed of visible fat and connective tissue and standardized prior to the marinating process. Ribeye was selected because of its widespread use in meat quality and sensory evaluation studies and its suitability for marination applications (Toldrá, 2017; Resconi et al., 2013).

The conventional Caucasian marinade recipe was utilised in the control group. In the experimental group, the marinade formulation was maintained, with the only modification being the replacement of onion juice with cancur fruit native to the Ardahan region. Similar comparative approaches have been employed in studies investigating the effects of natural plant-derived ingredients on meat tenderness, flavour development, and sensory acceptability (Naveena et al., 2004; Bekhit et al., 2014). The purpose of this design was to enable a direct comparison between the traditional and modified marination applications.

The meat samples were immersed in the prepared marinade solutions for 24 hours under refrigerated conditions. Marination is recognised as an effective method for improving tenderness, flavour intensity, juiciness, and overall sensory quality of meat products (Alvarado & McKee, 2007; Toldrá, 2017).

Sensory analyses were conducted by trained panelists consisting of students and academicians from the Department of Gastronomy and Culinary Arts at Ardahan University. The panelists were selected among individuals familiar with traditional Caucasian culinary practices and the regional use of cancur fruit. The products were evaluated in terms of taste, aroma, flavour, colour, texture, mouthfeel, and overall acceptability. Sensory evaluation procedures were conducted in accordance with established principles of descriptive sensory analysis (Stone & Sidel, 2004; Lawless & Heymann, 2010).

A five-point Likert-type sensory evaluation form was used as the data collection instrument. The obtained data were evaluated through frequency and percentage distributions, and the findings were comparatively interpreted between the control and experimental groups.

Table 1. Marination and Sensory Evaluation Process Applied in the Study

The meat samples utilised in the marinating process were left to sit in the prepared marinating liquids for a period of 24 hours. Subsequent to the marinating process, the samples were prepared under identical cooking conditions and submitted for sensory evaluation.

Sensory analyses were conducted by trained panelists consisting of students and faculty members from the Department of Gastronomy and Culinary Arts at Ardahan University. The panelists were selected from individuals with a proven track record in the field of Caucasian culinary traditions, as well as those with in-depth knowledge of the properties and regional applications of the fruit in question. The products were evaluated based on a series of criteria, including but not limited to taste, aroma, flavor, color, texture, mouthfeel, and overall acceptability.

The researchers developed a 5-point Likert-type sensory evaluation form to serve as the data collection instrument. Participants were invited to rate each statement using the following options: "Very Bad," "Bad," "Neither Good Nor Bad," "Good," and "Very Good." The data obtained were analysed based on frequency and percentage distributions, and the findings for the control and experimental groups were interpreted comparatively.

The following section will address the subject of taste characteristics.

Following a thorough examination of the panelists' evaluations, it was determined that the meat marinated with cancur fruit was considered to possess superior taste characteristics. Participants provided favourable appraisals of the product, citing its balanced acidity and natural aroma profile. It is hypothesised that the organic acids present in cancur fruit enhance the meat's gustatory profile(Figure 1).

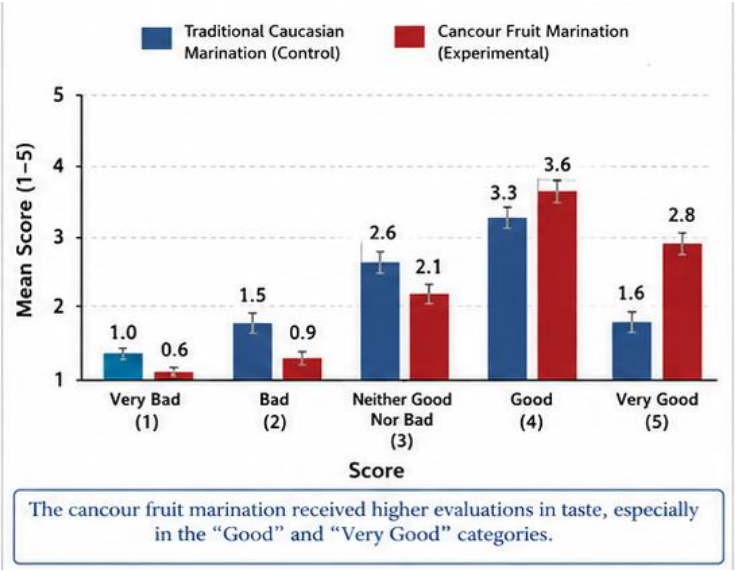


Figure 1. The following section will present an evaluation of the taste characteristics for both the control and experimental groups.

In the context of olfactory evaluations, the experimental group consistently attained higher scores. It was determined through rigorous testing and analysis that, in comparison to the onion aroma typically employed in conventional marinades, the incorporation of cancur fruit yielded a more balanced and fruity aroma. A substantial proportion of the panelists evaluated the samples in the experimental group as having a more pleasant aroma (Figure 2).

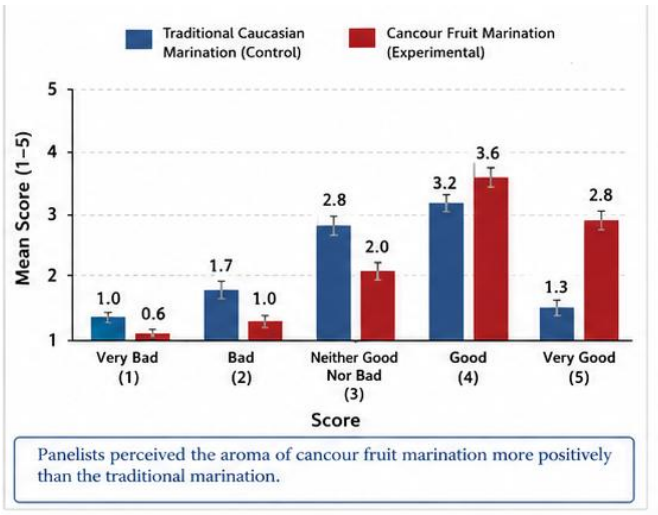


Figure 2. The following section will present the evaluations of odour characteristics carried out by the control and experimental groups.

The following section will address the subject of taste characteristics.

A significant discrepancy was observed in the flavour dimension. Following a rigorous evaluation process, it was ascertained that the marinade prepared with cancur fruit received higher scores in terms

of flavour consistency and the aftertaste it left in the mouth. This result is consistent with the findings presented in the conference abstract (Figure 3).

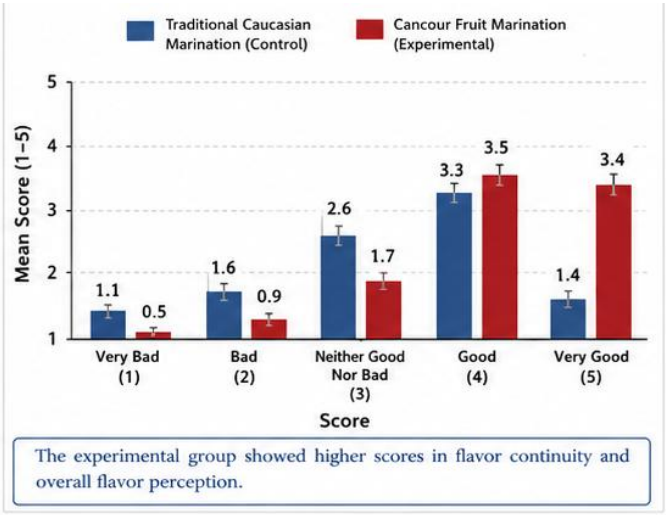


Figure 3. The following investigation is concerned with the evaluation of taste characteristics by the control and experimental groups.

The following section will address the subject of texture characteristics.

While both groups exhibited analogous results in terms of texture evaluations, the experimental group exhibited a marginal advantage. It is hypothesised that the natural acid content of the Cancur fruit is responsible for the tenderisation of the meat texture (Figure 4).

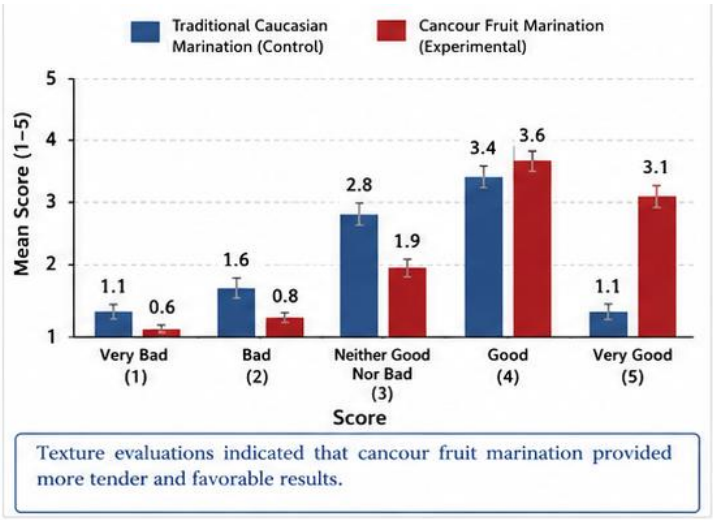


Figure 4. The following investigation is concerned with the evaluation of texture characteristics, as conducted by the control and experimental groups.

The overall acceptability of the text is hereby confirmed.

Following a thorough examination of the overall acceptability results, it was determined that the experimental group received higher scores in comparison to the control group. The panel found the

marinade prepared with cancur fruit to be more successful, particularly in terms of aroma, flavour, consistency, and mouthfeel. The findings of the present study demonstrate that cancur fruit has the potential to function as a substitute ingredient in conventional Caucasian marinades (Figure 5).

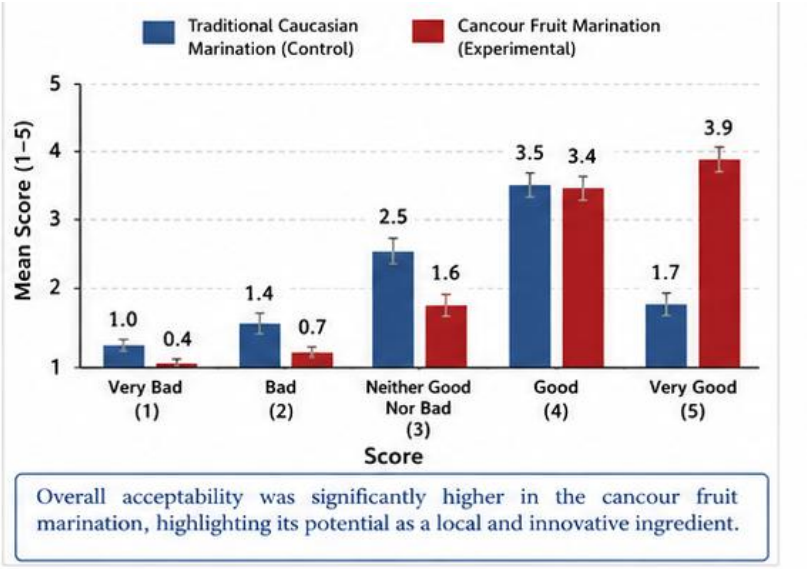


Figure 5. The following report presents the results of overall acceptability evaluations conducted on the control and experimental groups.

RESULT

The present study investigated the effects of utilising the cancur fruit, which is indigenous to the Ardahan region, as a substitute for onion juice-a conventional ingredient in traditional Caucasian marinades-on the sensory characteristics of meat. In this study, the traditional marinade method was employed as the control group, while the experimental group utilised cancur fruit in lieu of onion juice. The resulting products were then subjected to a comparative analysis through the utilisation of sensory analysis methods.

The findings of the research indicate that the marinade prepared with cancur fruit yielded positive results in many sensory parameters. In particular, it was determined that the experimental group received higher evaluation scores in terms of taste, aroma, flavour persistence, mouthfeel, and overall acceptability. This suggests that the cancur fruit can be regarded not only as an alternative ingredient in marinating applications, but also as a functional gastronomic component capable of enhancing the product's sensory quality.

It is well established that the presence of acidic components in marinating solutions exerts a substantial influence on the tenderness, aroma, and flavour profile of meat products. The findings of the study indicated that the natural acid structure and distinctive aromatic characteristics of the cancur fruit can exert a favourable influence on the quality of meat. It is notable that the samples from the experimental group were evaluated by the panel as having a more balanced aroma profile, which suggests that the cancur fruit has significant gastronomic potential.

A salient finding of the study is the potential for local and traditional products to be integrated into gastronomic innovation processes. In the contemporary culinary landscape, there is an increasing emphasis on sustainability and the utilisation of locally sourced ingredients. In this context, the use of the cancur fruit-which is indigenous to the Ardahan region-in marinating applications is significant for two reasons. Firstly, it enhances the economic value of local products. Secondly, it strengthens the visibility of the regional gastronomic heritage.

The research findings can also be evaluated in terms of the preservation and development of Caucasian culinary culture. The reinterpretation of traditional marinating practices using local products has been demonstrated to contribute to the preservation of the gastronomic heritage of the region, while also facilitating innovative product development efforts. This situation has the potential to engender new opportunities for regional culinary tourism.

Nevertheless, the study is not without its limitations. The research was conducted with a limited number of panelists, and the evaluations are based solely on sensory analysis results. It is recommended that future studies examine the effects of the cancur fruit on the physicochemical properties, textural structure, pH value, and shelf life of meat. Moreover, further research is required to be conducted on the use of different meat types and varying marinating durations. This will contribute to a more comprehensive understanding of the potential of cancur fruit for use in gastronomic applications.

In conclusion, it has been determined that the cancur fruit can be considered as an alternative to the onion juice traditionally used in Caucasian marinades. Furthermore, it has been demonstrated that the cancur fruit may positively influence the sensory characteristics of meat. The findings suggest that the innovative utilisation of local gastronomic products can contribute both to the field of gastronomy and to the sustainability of regional culinary cultures.

REFERENCES

Aaslyng, M. D., & Meinert, L. (2017). Meat flavour in pork and beef – From animal to meal. Meat Science, 132, 112–117. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.012

Alvarado, C., & McKee, S. (2007). Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. Journal of Applied Poultry Research, 16(1), 113–120. https://doi.org/10.1093/japr/16.1.113 Bekhit, A. E. D. A., Hopkins, D. L., Geesink, G., Bekhit, A. A., & Franks, P. (2014). Exogenous proteases for meat tenderization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(8), 1012–1031. https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247

Alvarado, C., & McKee, S. (2007). Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. Journal of Applied Poultry Research, 16(1), 113–120.

Bekhit, A. E. D. A., Hopkins, D. L., Geesink, G., Bekhit, A. A., & Franks, P. (2014). Exogenous proteases for meat tenderization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(8), 1012–1031.

Björk, P., & Kauppinen-Räisänen, H. (2016). Exploring the multi-dimensionality of travellers' culinary-gastronomic experiences. Current Issues in Tourism, 19(12), 1260–1280. https://doi.org/10.1080/13683500.2013.868412

Ellis, A., Park, E., Kim, S., & Yeoman, I. (2018). What is food tourism? Tourism Management, 68, 250–263. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.03.025

Kivela, J., & Crotts, J. C. (2006). Tourism and gastronomy: Gastronomy's influence on how tourists experience a destination. Journal of Hospitality & Tourism Research, 30(3), 354–377. https://doi.org/10.1177/1096348006286797

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices (2nd ed.). Springer.

Naveena, B. M., Mendiratta, S. K., & Anjaneyulu, A. S. R. (2004). Tenderization of buffalo meat using plant proteases from ginger rhizome. Meat Science, 68(3), 363–369. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.04.004

Naveena, B. M., Mendiratta, S. K., & Anjaneyulu, A. S. R. (2004). Tenderization of buffalo meat using plant proteases from ginger rhizome. Meat Science, 68(3), 363–369.

Resconi, V. C., Escudero, A., & Campo, M. M. (2013). The development of aromas in ruminant meat. Molecules, 18(6), 6748–6781. https://doi.org/10.3390/molecules18066748

Richards, G. (2015). Evolving gastronomic experiences: From food to foodies to foodscapes. Journal of Gastronomy and Tourism, 1(1), 5–17. https://doi.org/10.3727/216929715X14298190828796

Sims, R. (2009). Food, place and authenticity: Local food and the sustainable tourism experience. Journal of Sustainable Tourism, 17(3), 321–336. https://doi.org/10.1080/09669580802359293 Toldrá, F. (2017). Lawrie's Meat Science (8th ed.). Woodhead Publishing.

Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). Sensory Evaluation Practices (3rd ed.). Elsevier.

ADANA MUTFAĞININ GASTRONOMİK KİMLİĞİ: YÖRESEL MUTFAK KÜLTÜRÜ, COĞRAFİ İŞARETLİ ÜRÜNLER VE GASTRONOMİ TURİZMİ PERSPEKTİFİNDEN BİR DEĞERLENDİRME

THE GASTRONOMIC IDENTITY OF ADANA CUISINE: AN EVALUATION FROM THE PERSPECTIVE OF LOCAL CULINARY CULTURE, GEOGRAPHICAL INDICATIONS AND GASTRONOMY TOURISM

Fatma KAYA[1]

[1]Gastronom, Ardahan Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Ardahan, Türkiye.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-6598-4788

Samet MISIR [2]

[2]Öğretim Görevlisi, Ardahan Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Ardahan, Türkiye.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5502-5497

ÖZET

Bu çalışmada Adana mutfağının gastronomik kimliği; yöresel mutfak kültürü, coğrafi işaretli ürünler ve gastronomi turizmi bağlamında değerlendirilmiştir. Araştırmanın temel amacı, Adana mutfağının tarihsel gelişim süreci, gastronomik özellikleri, yerel yemek kültürü ve gastronomi turizmi açısından taşıdığı potansiyeli inceleyerek bölgesel gastronomik mirasın önemini ortaya koymaktır. Bununla birlikte coğrafi işaretli ürünlerin gastronomik kimliğin korunmasındaki rolü ile sürdürülebilir gastronomi açısından taşıdığı önem değerlendirilmiştir. Araştırmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve derleme yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda konuya ilişkin ulusal ve uluslararası bilimsel makaleler, lisansüstü tezler, kitaplar, kurumsal raporlar ve coğrafi işaret tescil belgeleri sistematik biçimde incelenmiştir. Çalışma kapsamında Adana'nın coğrafi, tarihsel ve sosyo-kültürel yapısının mutfak kültürü üzerindeki etkileri değerlendirilmiş; kebap kültürü, sokak lezzetleri, sakatat ürünleri, çorbalar, hamur işleri, geleneksel tatlılar ve içecekler gastronomik kimlik çerçevesinde ele alınmıştır. Araştırma sonucunda Adana mutfağının güçlü et kültürü, yoğun baharat kullanımı, sokak gastronomisi ve zengin ürün çeşitliliği sayesinde Türkiye'nin önemli gastronomik destinasyonlarından biri olduğu belirlenmiştir. Özellikle Adana kebabının bölgenin gastronomik kimliğini temsil eden temel ürünlerden biri olduğu; şalgam suyu, şırdan, mumbar dolması ve bici bici gibi ürünlerin ise mutfak kültürünün çeşitliliğini desteklediği tespit edilmiştir. Ayrıca coğrafi işaret uygulamalarının gastronomik mirasın korunmasına katkı sunduğu, ancak gastronomi turizmine yönelik tanıtım faaliyetleri ve geleneksel gastronomik bilgi aktarımının daha da güçlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adana mutfağı, gastronomik kimlik, yöresel mutfak kültürü, coğrafi işaret, gastronomi turizmi

ABSTRACT

This study evaluates the gastronomic identity of Adana cuisine within the framework of local culinary culture, geographical indication products and gastronomy tourism. The primary aim of the study is to reveal the importance of regional gastronomic heritage by examining the historical development process, gastronomic characteristics, local culinary culture and gastronomy tourism potential of Adana cuisine. Furthermore, the role of geographical indication products in preserving gastronomic identity and their significance in terms of sustainable gastronomy are discussed. A qualitative research approach was adopted in the study and the review method was employed. Within this scope, national and

international scientific articles, postgraduate theses, books, institutional reports and geographical indication registration documents related to the subject were systematically reviewed. The effects of Adana's geographical, historical and socio-cultural structure on culinary culture were evaluated, and kebab culture, street foods, offal dishes, soups, pastries, traditional desserts and beverages were examined within the framework of gastronomic identity. The findings reveal that Adana cuisine is one of Türkiye's significant gastronomic destinations due to its strong meat culture, intense use of spices, street gastronomy and rich product diversity. In particular, Adana kebab was identified as one of the primary representatives of the region's gastronomic identity, while products such as turnip juice, stuffed tripe, mumbar and bici bici contribute to the diversity of the local culinary culture. In addition, geographical indication practices were found to contribute to the preservation of gastronomic heritage; however, promotional activities for gastronomy tourism and the transmission of traditional gastronomic knowledge should be further strengthened.

Keywords: Adana cuisine, gastronomic identity, local culinary culture, geographical indication, gastronomy tourism

INTRODUCTION

It is evident that eating and drinking activities are not merely basic necessities for human life; they also play a significant role in shaping the historical, cultural and social structures of societies. Culinary culture is regarded as an important element of cultural heritage, reflecting a society's way of life, production habits, geographical conditions and cultural heritage (Beşirli, 2010). In this context, gastronomy is not confined to the preparation and consumption of food and beverages; it is recognised as a multidimensional field of study related to culture, history, sociology, economics, and tourism (Santich, 2004).

In the context of the growing interest in gastronomy that has been observed in recent years, local culinary cultures have begun to emerge as key elements that provide a competitive advantage for destinations. In particular, the heightened predilection among tourists for authentic dining experiences within the domain of gastronomic tourism has rendered the preservation and promotion of regional cuisines an even more pivotal concern. In this process, the concept of gastronomic identity emerges as a holistic structure encompassing a destination's local products, food preparation techniques, consumption habits, and gastronomic heritage. The role of gastronomic identity in accentuating a destination's cultural distinctiveness, and in turn, augmenting its tourist appeal, has been a subject of considerable scholarly interest.

The Turkish cuisine has been shaped by the influence of various civilisations throughout history and has become one of the world's leading culinary cultures in terms of regional diversity. Turkish cuisine has been significantly influenced by the culinary traditions of the Seljuk and Ottoman periods, which spanned from Central Asia to Anatolia. This historical process has laid the foundation for the emergence of distinct gastronomic identities across different geographical regions (Durlu Özkaya & Özkaya, 2017). One of these regional cuisines, the Adana cuisine, is particularly notable for its meat and kebab culture, use of spices, street foods, and local products (Halıcı, 2009).

As one of the major cities of the Mediterranean Region, Adana has been home to many civilisations throughout history and has developed a rich gastronomic diversity thanks to the fertile agricultural lands of the Çukurova region. Notable products include Adana kebab, turnip juice, stuffed tripe, stuffed intestines, and bici bici, which collectively represent the region's distinctive gastronomic identity (Artun, 2008; Ballı, 2013). Furthermore, the presence of gastronomic events, the local restaurant culture, and street foods has contributed to the city's emergence as a key destination for culinary tourism (Akbaba & Kendirci, 2016).

Geographical indication (GI) applications are recognised as a pivotal instrument in the preservation and assurance of the sustainability of gastronomic identity. Geographical indications have been shown to assist in the preservation of the unique qualities of products associated with a specific region (Tekelioğlu & Demirer, 2008; Belletti & Marescotti, 2011), whilst concurrently supporting local producers and

enhancing the gastronomic brand value of destinations. This phenomenon also makes a significant contribution to the development of gastronomic tourism.

The objective of this study is to evaluate the gastronomic identity of the Adana cuisine within the context of local culinary culture, geographically indicated products, and gastronomic tourism. In this study, the gastronomic characteristics of the Adana cuisine, elements of its gastronomic heritage, geographically indicated products, and the potential for gastronomic tourism were examined using a literature-based approach. Evaluations were made based on the findings obtained.

METHOD

In this study, a qualitative research approach was adopted in order to evaluate the gastronomic identity of Adana cuisine from the perspectives of regional culinary culture, products with geographical indications, and gastronomic tourism. The study was designed as a review study.

In accordance with the parameters established for the research study, a systematic review of the pertinent national and international literature was conducted. During the data collection process, a range of academic sources were consulted, including published scientific articles, graduate theses, books, conference papers, institutional reports, and official documents on the subjects of gastronomic identity, regional cuisine, gastronomic tourism, gastronomic heritage, geographical indications, and the Adana cuisine. Furthermore, geographical indication registration certificates published by the Turkish Patent and Trademark Office, along with reports from relevant institutions and organisations, were included in the evaluation.

The data obtained were analysed using the document review method. Document review is defined as a data collection and analysis technique based on the systematic evaluation of written materials containing information about the phenomenon or phenomena under investigation (Yıldırım and Şimşek, 2021). Accordingly, the information obtained from the examined sources was classified and interpreted according to the following themes: gastronomic identity, regional culinary culture, geographically indicated products and gastronomic tourism.

The principal limitation of the study is that it relied exclusively on secondary data sources. Nevertheless, the comprehensive examination of the gastronomic identity of Adana cuisine has been enabled by the combined evaluation of various types of academic and institutional sources.

RESULT AND DISCUSSION

In this study, the Adana cuisine was evaluated in the context of local culinary culture, products with geographical indications, and culinary tourism. The fundamental elements shaping the region's gastronomic identity were identified. A review of the literature on the subject revealed that the Adana cuisine is of significant value in terms of culinary diversity, the preservation of cultural heritage, the maintenance of local identity, and the enhancement of destination appeal.

The research findings indicate that the gastronomic identity of the Adana cuisine has been shaped by a number of factors, including the region's geographical characteristics, agricultural production capacity, historical background, and cultural diversity. In particular, products such as Adana kebab, turnip juice, stuffed tripe, stuffed intestines, and bici bici are regarded as key representatives of the regional gastronomic heritage (Artun, 2008; Ballı, 2013; Figure 1). In addition, a robust meat-based culture, the extensive use of spices, and a sophisticated street food culture are regarded as quintessential characteristics that differentiate the Adana cuisine from other regional culinary traditions in Turkey (Halıcı, 2009).

Figure 1. Selected Culinary Heritage Elements of Adana Cuisine

The study concluded that geographical indication applications make significant contributions to the preservation of gastronomic heritage. Geographical indications have been shown to assist in the preservation of the unique qualities of local products (Tekelioğlu & Demirer, 2008; Belletti & Marescotti, 2011), whilst also enhancing the visibility of gastronomic identity and strengthening the brand value of destinations. The geographical indication of the Adana kebab is of particular significance in the context of the preservation of the regional gastronomic heritage, as it serves to protect and promote this traditional dish.

From the perspective of culinary tourism, it is evident that Adana's culinary values enhance the destination's appea (Figure 2). Local culinary culture is identified as a pivotal component in the pursuit of authentic experiences by culinary tourists, thereby impacting destination selection (Hall & Sharples, 2003; Kivela & Crotts, 2006). In this regard, it can be stated that Adana possesses the qualities of a significant gastronomic destination thanks to its diverse range of gastronomic products, local restaurant culture, and gastronomic events (Akbaba & Kendirci, 2016).

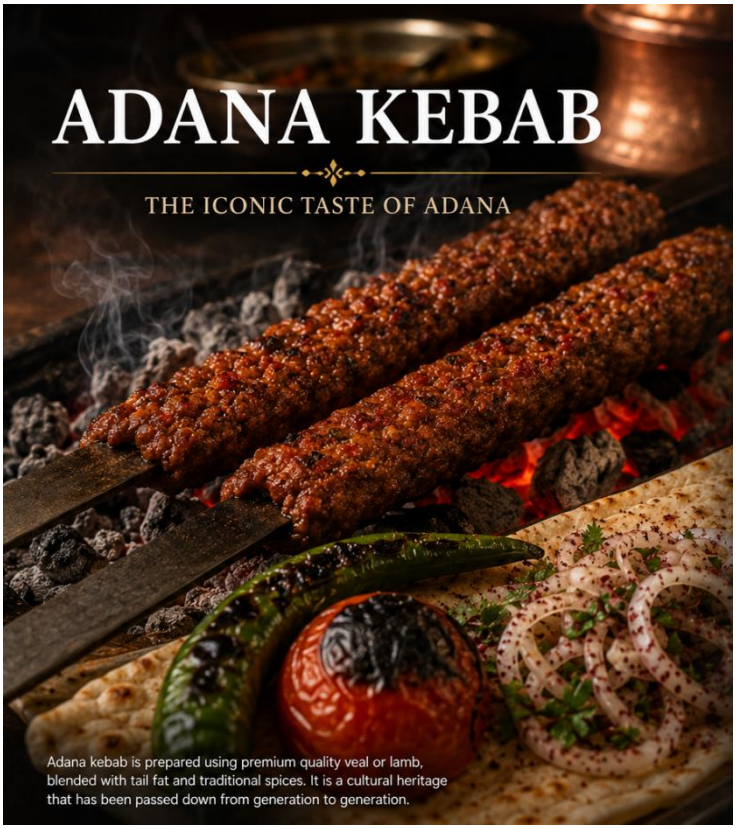


Figure 2. Adana Kebab as a Symbol of Regional Gastronomic Identity

As posited by Richards (2015), destinations with a robust gastronomic identity can gain a competitive advantage by offering visitors more authentic experiences. In this context, it is considered necessary to more effectively leverage the potential of Adana's cuisine in terms of gastronomic tourism. Simultaneously, it is emphasised that the preservation of the gastronomic heritage is important not only in terms of tourist appeal, but also in terms of cultural sustainability (Sims, 2009).

In this regard, the following recommendations can be developed:

- It is imperative that traditional recipes and production techniques employed in the production of Adana cuisine be systematically documented.
- It is recommended that the number of local products eligible for geographical indication registration be increased.
- It is vital that gastronomy festivals and promotional activities receive support at both national and international levels.
- It is recommended that local producers and gastronomy businesses be encouraged to adopt sustainable gastronomy practices.
- The development of thematic routes and experiential programmes with a focus on gastronomy tourism is recommended.
- It is recommended that collaborations between universities, local governments and industry stakeholders aimed at preserving the gastronomic heritage be strengthened.

In result, the Adana cuisine, with its gastronomic diversity, deep-rooted culinary culture, geographically indicated products, and tourism potential, is considered to be one of Turkey's leading gastronomic destinations. The preservation of this gastronomic heritage and its transmission to future generations is of great importance for two reasons. Firstly, it is key to the sustainability of cultural heritage. Secondly, it is essential for the development of gastronomic tourism.

In the contemporary context, the competitive strength of culinary destinations is contingent not only on the diversity of products offered, but also on their capacity to preserve the cultural context of these products and provide visitors with unique experiences. In this context, the potential exists for Adana cuisine to achieve a stronger position in the national and international culinary tourism market by preserving its gastronomic heritage and supporting it with sustainable tourism policies.

REFERENCES

Akbaba, A., & Kendirci, P. (2016). Gastronomy tourism and destination differentiation: A case study of Gaziantep. International Journal of Research in Tourism and Hospitality, 2(3), 15–23.

Artun, E. (2008). Adana halk kültürü araştırmaları. Adana Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları.

Ballı, E. (2013). Gastronomi turizmi açısından Adana mutfağı üzerine değerlendirmeler. Doğu Akdeniz Turizm Sempozyumu Bildiri Kitabı, 211–223.

Belletti, G., & Marescotti, A. (2011). Origin products, geographical indications and rural development. In E. Barham & B. Sylvander (Eds.), Labels of origin for food: Local development, global recognition (pp. 75–91). CABI.

Beşirli, H. (2010). Yemek, kültür ve kimlik. Milli Folklor, 22(87), 159–169.

Bessière, J. (1998). Local development and heritage: Traditional food and cuisine as tourist attractions in rural areas. Sociologia Ruralis, 38(1), 21–34. https://doi.org/10.1111/1467-9523.00061

Durlu Özkaya, F., & Özkaya, M. T. (2017). Türk mutfak kültürünün tarihsel gelişimi ve bölgesel mutfaklar. İçinde H. Kurgun & D. Bağıran Özşeker (Ed.), Gastronomi ve Turizm (ss. 53–78). Detay Yayıncılık.

Ellis, A., Park, E., Kim, S., & Yeoman, I. (2018). What is food tourism? Tourism Management, 68, 250–263. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.03.025

Hall, C. M., & Sharples, L. (Eds.). (2003). Food tourism around the world: Development, management and markets. Butterworth-Heinemann.

Halıcı, N. (2009). Türk mutfağı. Oğlak Yayınları.

Kivela, J., & Crotts, J. C. (2006). Tourism and gastronomy: Gastronomy's influence on how tourists experience a destination. Journal of Hospitality & Tourism Research, 30(3), 354–377. https://doi.org/10.1177/1096348006286797

Okumus, B., Okumus, F., & McKercher, B. (2007). Incorporating local and international cuisines in the marketing of tourism destinations: The cases of Hong Kong and Turkey. Tourism Management, 28(1), 253–261. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.12.020

Richards, G. (2015). Evolving gastronomic experiences: From food to foodies to foodscapes. Journal of Gastronomy and Tourism, 1(1), 5–17. https://doi.org/10.3727/216929715X14298190828796

Sims, R. (2009). Food, place and authenticity: Local food and the sustainable tourism experience. Journal of Sustainable Tourism, 17(3), 321–336. https://doi.org/10.1080/09669580802359293

Tekelioğlu, Y., & Demirer, R. (2008). Coğrafi işaretler ve Türkiye uygulamaları. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 27(2), 89–110.

Timothy, D. J., & Ron, A. S. (2013). Understanding heritage cuisines and tourism: Identity, image, authenticity, and change. Journal of Heritage Tourism, 8(2–3), 99–104. https://doi.org/10.1080/1743873x.2013.767818

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (12. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

INTERNATIONAL KAYSERI SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

May 30-31, 2026 / Kayseri, Türkiye

Topic: Akademik Teşvik 01/06/2026

Ref: A.26

İlgili makama;

ULUSLARARASI KAYSERİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ 30-31 Mayıs 2026 tarihleri arasında Kayseri'de 30 farklı ülkenin akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre kapsamında sunumu yapılan 137 bildirinin 59 adeti Türkiye'den katılımcılar tarafından; 78 bildiri ise 29 ülkeden katılımcılar tarafından sunulmuştur. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,

Saygılarımla,

Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF İSARC