ACARIS CONGRESS

KONGRE KİTABI

I. ACARİS ULUSLARARARASI YEDİ TEPE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ



29-30 AĞUSTOS 2026

İSTANBUL

BİLSEL YAYINCILIK

1. ACARIS INTERNATIONAL YEDİ TEPE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS
29–30 AUGUST ,2026
İSTANBUL/TÜRKİYE

CONGRESS BOOK

EDITOR
Prof. Dr. Alaeddin BOBAT

ISBN: '978-625-8531-61-9'

All rights of this book belong to BILSEL PUBLISHING.
The book is not intended for commercial profit.
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Bu kitabın tüm hakları BİLSEL YAYINCILIK yayınevine aittir.
Kitap ticari bir kar amacı gütmemektedir.
Yayın etiği kurallarına uymak yazarın sorumluluğundadır.

https://bilselkongreleri.com/

04.09.2026

by BILSEL PUBLISHING

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

1. ACARIS INTERNATIONAL YEDİ TEPE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

DATE and PLACE

29–30 AUGUST ,2026
İSTANBUL/TÜRKİYE

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman of the Organizing Committee

Prof. Dr. Alaeddin BOBAT

University Academician Representative

Prof. Dr. Mehmet BAYIRLI

Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÇAMLICA

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye

PARTICIPANTS COUNTRY

North Macedonia, Croatia, Algeria,
Azərbaycan, Bulgaria, Australia, Pakistan,
Georgia, Belarus, Uzbekistan, Morocco, Nigeria, Romania, India

CONGRESS ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

Prof. Dr. Şükran KARACA

Prof. Dr. Yücel KABAPINAR

Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Prof. Dr. İnanç Özgen

Prof. Dr. Kıvanç KAMBUROĞLU

Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR

Prof. Dr. Valbon Ademi

Prof. Dr. Mezıanı Brahim

Prof. Dr. Iheanyı Omezuruıke Okonko

Prof. Dr. Elman Guliyev

Prof. Dr. Ardita Dylgjeri

Prof. Dr. Benahmed Abdelillah

Prof. Dr. Boualam Abderrahmane

Doç. Dr. Veysel PARLAK

Doç. Dr. Mitat AKKOÇ

Doç. Dr. Merdin Danışmaz

Doç. Dr. Gökhan KÜLEKÇİ

Doç. Dr. Handan Demircioğlu

Assoc. Prof. Dr. Irina-Teodora Manolescu

Assoc. Prof. Dr. Vakeel Ahmad Khan

Assoc. Prof. Dr. Silviya Ivanova

Assoc. Prof.Dr. Mohammad Jafar Chamankar

Assoc. Prof. Dr. Postolache Victoria

Dr. Ali Umut ÜNAL

Dr. Zehra Gülten YALÇIN

Dr. Çağrı GÜÇLÜTEN

Dr. Kemal ARMAĞAN

Dr. Kübra TAN

Dr. Mokhnane Tarek

Dr. K. Vıgnesh

Dr. Vo Trung Hau

Dr. Le Thi Minh

Dr. Amina Yahia

Dr. Haneen Vasel

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Kıvanç KAMBUROĞLU

Ankara Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR

Aksaray Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet BAYIRLI

Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Neriman ARAL

Ankara Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Nurhayat Atasoy

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Asım ÇOBAN

Amasya Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Ali Rıza DİNÇER

Namık Kemal Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Özgür ALPARSLAN

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa ÖZ

Aksaray Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Tinatin Mshvidobadze

Gori State University, Georgia

Prof. Dr. Shemsije Demiri

Hıgh Economıc School- Gostivar North Macedonia

Prof. Dr. Chaya Bagrecha

Jain Deemed tobe University, India

Prof. Dr. Mohammed Waheeb

Hashemite University,Jordan

Prof. Dr Valentina Marinescu

University of Bucharest

Prof. Dr. Abdelkarim Boua

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco

Prof. Dr. Nana Jincharadze

Euripean University, Georgia

Prof. Dr. Khiari Reguia

Center for Scientific and Technical Research on Arid Regions (CRSTRA) Omar El Bernaoui, Algeria

Prof. Prof. Dr. Karim Kreıt

Cadi Ayyad University, Moracco

Prof. Dr. Hassan Zarıouh

Mohammed I University, Oujda Morocco

Prof. Dr. Laura Diaconu Maxim
Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Romania

Prof. Dr. Marinescu Valentina

University of Bucharest,Romania

Prof. Dr. Froilan D. Mobo

Philippine Merchant Marine Academy

Prof. Dr. Mamoona Mushtaq/Shahid

Govt. Graduate College Township, Pakistan

Doç. Dr. Canan DEMİR

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Ahmet Beyzade DEMİRPOLAT

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Fevzi KELEN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Çağatay YAMÇIÇIER

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Esra KÜRKCÜ AKGÖNÜL

Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Cihat Çağdaş Uydur

Trakya Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Abdullah GÖV

İstanbul Arel Üniversitesi, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Vakeel Ahmad Khan,

Aligarh Muslim University, India

Assoc. Prof. Dr. Silviya Ivanova

Institute of Cryobiology and Food Technology, Bulgaria

Assoc. Prof.Dr. Mohammad Jafar Chamankar,

Urmia University, İran

Assoc. Prof. Dr. Postolache Victoria

Alecu Russo Balti State University, Moldova

Assoc. Prof. Dr. Mokhtar Nebab

University of Boumerdes, Algeria

Assoc. Prof. Dr. Gergana Gozanska Plovdiv

University "Paisii Hilendarski", Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Abdullayeva Gultekin

Azerbaijan State Pedagogical University

Assoc. Prof. Dr. Ganaoui Maroua

University of Chadli Ben Djedid El-tarf and Souk Ahras university, Algeria

Dr. Selman ÇELİK

Yeditepe Üniversitesi, Türkiye

Dr. Mustafa ÜSTÜNDAĞ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. Başak TUNA

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

Dr. Elif AKYİĞİT ALBAYRAK

Bitlis Eren Üniversitesi, Türkiye

Dr. Betül AYMAN

Erciyes Üniversitesi, Türkiye

Dr. Göktuğ GÜL Gazi Üniversitesi, Türkiye

Dr. Drita Avdylı

Chairwoman of National Chamber of Mediation, Albania

Dr. Muhammad Faisal

Ministry of State and Frontier Region Govt of Pakistan

Dr. Chems Eddine Boukhedımı

Univesity of Tizi Ouzou, Algeria

Dr. M.K.Ganeshan

M.I.E.T. Engineering College

Dr. Blerına Xhelaj

University "Ismail Qemali" Vlora, Albania

Dr. Ramona Marinache,

University of Bucharest, Romania
Dr. Israr Ali Khan

Institute of Numerical Sciences, Pakistan

Dr. Iosefina Blazsani-Batto

Teacher's Training Center Sibiu under Romanian Ministry of Education, Romania

Dr. Beloufa Nabıl

Hydrometeorological Institute for Training and Research IHFR Oran Algeria

Dr. sci. Džana Rahimić Ramić

University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Dr. Ananda Majumdar,

Brander Garden After School Parents Association, Canada

Dr. Solomon Uchechukwu Eze,

Nnamdi Azikiwe University, Awka, Nigeria

Dr. Anıtha Rajasekaran,

Botany,Bharathı Womens College, Indıa

Ph.D Devi Raman,

Annamalai University,India

1. ACARIS INTERNATIONAL YEDİ TEPE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

29–30 AUGUST ,2026
İSTANBUL/TÜRKİYE

CONGRESS PROGRAM

Join Zoom Meeting ID: 858 1040 3771

Passcode: 163676

Join Zoom Meeting

https://us06web.zoom.us/j/85810403771?pwd=rJVKrbwYqmCyVrcZSuMp7plfkjgM80.1

PARTICIPATING COUNTRIES

North Macedonia, Croatia, Algeria,
Azərbaycan, Bulgaria, Australia, Pakistan,
Georgia, Belarus, Uzbekistan, Morocco, Nigeria, Romania, India

Before you login to Zoom indicate hall number and your surname
Zoom'a girişte sırayla salon numarasını ve ad soyadınızı yazınız.

IMPORTANT

- **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 10 minutes .**
- **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.**

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.**

ÖNEMLİ

- **Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için**
- **online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.**
- **Online sunum yapabilmek için https://zoom.us/join sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID**
- **or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.**
- **Sunumlar için 10 dakika süre ayrılmıştır.**
- **Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.**
- **Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.**
- **Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışmaktadır.**
- **Sunum yapacakların sunum saatinden 10 dk önce oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.**
- **Tüm katılımcılar oturumlara online katılıp dinleyebilir.**

TEKNİK BİLGİLER

- **Bilgisayarınızda çalışır durumda mikrofon bulunmalıdır.**
- **Zoom'da ekran paylaşma özelliği kullanılabilmelidir.**
- **Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir.**

Kongreye katılım zorunludur, katılım sağlamayan katılımcılarımıza Kongre Katılım Belgesi gönderilmeyecektir.

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Doç. Dr. Delal Dara Kılınç*		
SESSION-1 HALL-1		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Terzioğlu Dr. Öğr. Üyesi Özlem Türksoy Terzioğlu	*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Türkiye*	*ROSMARİNİK ASİDİN PANC-1 POLİPLOİD DEV KANSER HÜCRELERİNDEN TÜREVLENEN YAVRU HÜCRELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ*
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Terzioğlu Dr. Öğr. Üyesi Özlem Türksoy Terzioğlu	*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Türkiye*	*MİTOKONDRİ TRANSFERİNİN UPCI-SCC-131 ORAL SKUAMÖZ HÜCRELİ KARSİNOM HÜCRELERİNDE KÖK HÜCRE VE MEZENKİMAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ*
Feyza ACAR, Dr. Öğr. Üyesi Fatma İlknur UZUN, Prof. Dr. Nezihe Bulut UĞURLU, Dr. Güllü YAZKAN	*Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi AMATEM Polikliniği, Türkiye Biruni Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye*	*MADDE KULLANIM BOZUKLUĞU OLAN BİREYLERDE TRAVMA BİLGİLİ BAKIM: PSİKİYATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ*
Feyza ACAR, Dr. Öğr. Üyesi Fatma İlknur UZUN, Prof. Dr. Nezihe Bulut UĞURLU, Dr. Güllü YAZKAN	*Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi AMATEM Polikliniği, Türkiye Biruni Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye*	*ÜRETKEN YAPAY ZEKÂNIN PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNDE KULLANIMI: TERAPÖTİK İLİŞKİ, ETİK RİSKLER VE YENİ HEMŞİRELİK ROLLERİ*
Doç. Dr. Delal Dara Kılınç	*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye*	*APP STORE VE GOOGLE PLAY PLATFORMLARINDA İSKELETSEL MATÜRASYON EVRELERININ DEĞERLENDIRILMESINE YÖNELIK AKILLI TELEFON UYGULAMALARI*
Orhan ARZIK, Sümeyye YILMAZ, Gökçe KEÇECİ, Nermin DEMİRKOL, İrem KARAGÖZOĞLU	*Gaziantep University, İnegöl Dental Hospital, Türkiye Kahramanmaras Sutcuimam University, Türkiye*	*ARTİFİCİAL INTELLİGENCE-ASSİSTED DETECTİON OF SUB-CROWN CARİES İN PANORAMİC RADİOGRAPHS: CURRENT EVİDENCE AND FUTURE PERSPECTİVES*
Orhan ARZIK, Sümeyye YILMAZ, Gökçe KEÇECİ, Nermin DEMİRKOL, İrem KARAGÖZOĞLU	*Gaziantep University, İnegöl Dental Hospital, Türkiye Kahramanmaras Sutcuimam University, Türkiye*	*UNPLANNED CLİNİCAL PROCEDURES İN PROSTHODONTİC TREATMENT: CLİNİCAL APPROACHES BEYOND THE PLANNED PROSTHETİC THERAPY*
Meral Rexhepi, Majlinda Azemi, Aleksandra Zakoska, Eldiar Zulbeari, Sani Bajrami, Clinical Hospital Tetovo	*Department of Obstetrics and Gynecology. University of Tetova, Republic of North Macedonia*	*EMERGENCY CESAREAN SECTİON AND CONCOMİTANT MYOMECTOMY İN A PRİMİPAROUS WOMAN WİTH MULTİPLE UTERİNE LEİOMYOMAS AND DYSFUNCTİONAL LABOR: A CASE REPORT*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Dr. Öğr. Üyesi, Gönül ERTUNÇ GÜLÇELİK*		
SESSION-1 HALL-2		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Öğrenci, Zeynep KÖSEOĞLU *Dr. Öğr. Üyesi, Nilgün ONNAR*	*İstanbul Arel Üniversitesi, Türkiye*	*MÜKEMMELİYETÇİLİK İLE OLUMSUZ DEĞERLENDİRİLME KORKUSUNUN PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ İLE İLİŞKİSİ*
Öğrenci, Bengü ORAK *Dr, Nilgün ONNAR*	*İstanbul Arel Üniversitesi, Türkiye*	*MUTLULUK KORKUSU İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞUN DEPRESYON, ANKSİYETE VE STRESLE İLİŞKİSİ*
Psk. Fatmagül ERENAY *Dr. Öğr. Üyesi Diler HATİPOĞLU*	*İstanbul Arel Üniversitesi, Türkiye*	*ANNELERİN KİŞİLİK ORGANİZASYONU DÜZEYLERİ İLE ANNE-ÇOCUK BAĞLANMA KALİTELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİDE DUYGU DÜZENLEME GÜÇLÜKLERİNİN ARACILIK ROLÜ*
Arş. Gör. Yaren ARAY *Dr. Öğr. Üyesi Mutlu Tuçe ÜLKER* *Prof. Dr. Elvan Yılmaz AKYÜZ*	*İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Türkiye* *Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Türkiye*	*BARİATRİK CERRAHİDE MAKRO BESİN VE MİKRO BESİN ÖGELERİNİN DEĞERLENDİRMESİ: LİTERATÜRDEN KANITLAR*
Mihraç AYKANAT	*İstanbul Arel Üniversitesi, Türkiye*	AYRILIK KAYGISI İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ ARASINDAKİ İLİŞKİDE YALNIZLIĞIN ARACI ROLÜ
Fzt, Çağla SOYCAN[1], *Dr. Öğr. Üyesi, Gönül ERTUNÇ GÜLÇELİK*	*Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi,*	*FİZYOTERAPİSTLERDE REHABİLİTASYON TEKNOLOJİLERİNE YÖNELİK FARKINDALIK, KLİNİK KULLANIM VE GEREKSİNİMLERİN İNCELENMESİ: PİLOT ÇALIŞMA*
Asst. Prof. Dr. Taha Gökmen ÜLGER	*Bolu Abant Izzet Baysal University, Türkiye,*	*NUTRITIONAL MANAGEMENT IN GLP-1-BASED OBESITY TREATMENTS: CURRENT EVIDENCE ON ENERGY AND NUTRIENT INTAKE AND PRESERVATION OF LEAN BODY MASS*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Şükür Hakan ATALGIN*		
SESSION-1 HALL-3		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Prof. Dr. Servet TEKİN	*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye*	*MOLEKÜLER SALINIM TEKNOLOJİSİ VE TUZLULUĞUN DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE CHRISTIANSEN YEKNESAKLIK KATSAYISI ÜZERİNDEKİ ETKİLEŞİMİ*
Prof. Dr. Servet TEKİN	*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye*	*FARKLI SULAMA SUYU KALİTELERİNDE DAMLATICI TIKANIKLIĞININ ÖNLENMESİNDE MERUS HALKASI İLE ASİT UYGULAMALARININ EKONOMİK ANALİZİ*
Prof. Dr. Şükür Hakan ATALGIN	*Balıkesir Üniversitesi, Türkiye*	*40 GÜNLÜK KÖPEK FETÜSLERİNDE STERNUMUN GELİŞİMİ VE OSSİFİKASYON DURUMU*
Prof. Dr. Şükür Hakan ATALGIN	*Balıkesir Üniversitesi, Türkiye*	*40 GÜNLÜK BEKÇİ MELEZİ KÖPEK FETÜSLERİNDE KUYRUK OMURLARININ GELİŞİMİ VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ*
Dr. Ayşe Nur AYDIN *Prof. Dr. Rahmi AYDIN* *Doç. Dr. Osman SERDAR*	*Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, Türkiye* *Munzur Üniversitesi, Türkiye*	*GADOLİNYUM MARUZİYETİ VE SICAKLIĞIN Danio rerio'larda ACHE AKTİVİTESİNE ETKİSİ*
Dr. Ayşe Nur AYDIN *Prof. Dr. Rahmi AYDIN* *Doç. Dr. Osman SERDAR*	*Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, Türkiye* *Munzur Üniversitesi, Türkiye*	*COMBİNED EFFECTS OF GADOLİNİUM TOXİCİTY AND TEMPERATURE ON CYP450 ACTİVİTY İN Danio rerio*
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN *Ziraat Mühendisi Onur KUMAŞ*	*Ordu Üniversitesi, Ordu, Türkiye*	*FINDIK MEYVESİNİN BEYAZLAMA ORANININ TAÇ İÇERİSİNDEKİ KONUMUNA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİ*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Dr. Öğretim Üyesi, Esra CEBECİ MAZLUM*		
SESSION-1 HALL-4		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Öğr. Gör. Dr. Gökhan BİLİCİ	*Selçuk Üniversitesi, Türkiye*	*DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN GÖRÜNMEYEN MALİYETİ: TÜRK KAMU PERSONEL REJİMİNDE TEKNOSTRES VE BAĞLANTIYI KESME HAKKI*
Öğr. Gör. Dr. Gökhan BİLİCİ	*Selçuk Üniversitesi, Türkiye*	*SOSYAL YARDIMDAN SOSYAL SERMAYEYE: YEREL SOSYAL POLİTİKADA GÖNÜLLÜLÜĞÜN DEĞİŞEN İŞLEVİ*
Öğretim Görevlisi, Oğuzhan ÖZYİĞİT, Prof. Dr. Emrah CENGİZ, Öğretim Görevlisi, Olusoyi Richard ASHAYE	*İstanbul Üniversitesi, Türkiye University of Wales Trinity St David,*	*WEB SİTESİ KALİTESİNDEN MARKA GÜVENİNE: DİJİTAL TÜKETİCİ DAVRANIŞINDA eWOM NSÜRECİ*
Dr. Öğr. Üyesi, Okan ŞENELDİR	*Kocaeli Üniversitesi, Türkiye*	*ÖRGÜTLERDE PROBLEM NE ZAMAN ÖĞRENMEYE DÖNÜŞÜR? STRATEJİK UYUM İÇİN KAVRAMSAL BİR MODEL*
Dr. Öğretim Üyesi, Esra CEBECİ MAZLUM	*Selçuk Üniversitesi, Türkiye*	*EKONOMİK BÜYÜMEDEN YEŞİL BÜYÜMEYE: BÜYÜME VE KALKINMA TEORİLERİ ÇERÇEVESİNDE KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Dr. Öğr. Üyesi Nihal KALKAN YAĞCI*		
SESSION-1 HALL-5		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Dalila Jabbar Salman AL-RUBAYE, Dr. Öğr. Üyesi Sultan ÇIKRIK	*Gazi Üniversitesi, Türkiye*	*TÜRKİYE VE IRAK'TA BİYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMLARININ KARŞILAŞTIRMALI EĞİTİM KAPSAMINDA İNCELENMESİ*
Dr. Öğr. Üyesi Nihal KALKAN YAĞCI	*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye*	*ORTA AMERİKA FOLKLORUNDA EL CADEJO EFSANESİ VE KOLEKTİF BİLİNÇDIŞI*
Dr. Ögretim Üyesi Erol BAYKAN, Doç. Dr. Oktay ÇOBAN	*Yozgat Bozok Üniversitesi, Türkiye*	*SPOR BİLİMLER FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN DİJİTAL SERBEST ZAMAN YÖNELİMLERİNİN İNCELENMESİ*
Islomov Odil Olim o'g'li	*Gulistan State University, Uzbekistan*	*THE PRAGMA-COGNITIVE NATURE OF INDIRECT SPEECH ACTS IN ENGLISH AND UZBEK: EVIDENCE FROM INTERROGATIVE AND IMPERATIVE CONSTRUCTIONS*
Abduvahobov M	*Gulistan Uzbekistan*	*METHODOLOGY OF INTEGRATED TEACHING OF PHYSICS AND ENERGY SCIENCES*
Abduvahobov Muhammad	Gulistan, Uzbekistan	*METHODOLOGY OF TEACHING THE ENERGY-SAVING TOPIC THROUGH DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES*
Gunel Shefiyeva Elkhan	*English language teacher of Foreign Languages Center of ASPU, Azərbaycan*	*ACADEMIC WRITING ANXIETY AMONG FOREIGN LANGUAGE LEARNERS*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Okan BİNGÖL*		
SESSION-1 HALL-6		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Hakan TUTUMLU *Emrullah KOCAMAN* *Hüseyin YAĞLI*	*Gaziantep University, Gaziantep, Türkiye*	*AVOIDED FRESHWATER CONSUMPTION AND CO_2 EMISSIONS FROM WIND POWER IN THE OSMANİYE-NURDAĞI WIND CORRIDOR, TÜRKİYE: A LIFE-CYCLE CASE STUDY*
Ali Talha UZUN *Prof. Dr. Okan BİNGÖL*	*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye*	*BÖLGESEL KONTROL YAKLAŞIMI İLE KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE GÜVENLİK VE OPERASYONEL PERFORMANS ANALİZİ*
Ali Talha UZUN *Prof. Dr. Okan BİNGÖL*	*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye*	*ENDÜSTRİYEL KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE ARIZA OLASILIĞINA DAYALI ÜRETİM KAYBI VE GÜVENİLİRLİK MODELLEMESİ*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:00-12:00		
HEAD OF SESSION: *Doç. Dr. Adem YOLCU*		
SESSION-1 HALL-7		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Adem YOLCU, *Taha Yasin ÖZTÜRK*	*Kafkas University, Kars, Türkiye,*	*STABLE DECISION REGIONS BASED ON FERMATEAN FUZZY SOFT REGULAR OPEN SETS*
Gülşen KÜTÜK ANLATICI *Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE*	*Kayseri Üniversitesi, Türkiye*	*AKILLI SU YÖNETİMİNDE POMPA SİSTEMLERİNİN SU VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ: ÖMÜR BOYU MALİYET MODELLEMESİNE DAYALI KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME*
Yusuf AVŞAR, *Doğanay IŞIK,* *Mehmet Zeki ONAR1,* *Batuhan ÖZER,* *Yahya ALTUNPAK,* *Nihat DALDAL*	*Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye*	*KONTAK MALZEMELERİ İÇİN ELEKTRİK KONTAK PERFORMANSI ÖLÇÜM CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ*
Mehmet Levent AKBAY, *Berat DEMİRTAŞ,* *Yahya ALTUNPAK*	*Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye*	*MMK TOZLARININ ÜRETİMİNDE KULLANILACAK BİR MEKANİK ALAŞIMLAMA CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ*
PhD Student, İzel EKİNCİ, *Associate Professor, Daver ALİ*	*Karabuk University, Türkiye*	*AI AND FEA INTEGRATION IN FUTURE SIMULATION ECOSYSTEMS: A REVIEW OF SURROGATE MODELING STRATEGIES*
ONUR DEMİROĞLU	*Fırat Üniversitesi, Türkiye*	*ZEMİNLERİN SIKIŞTIRILMASININ ZEMİNLER ÜZERİNE ETKİSİ*

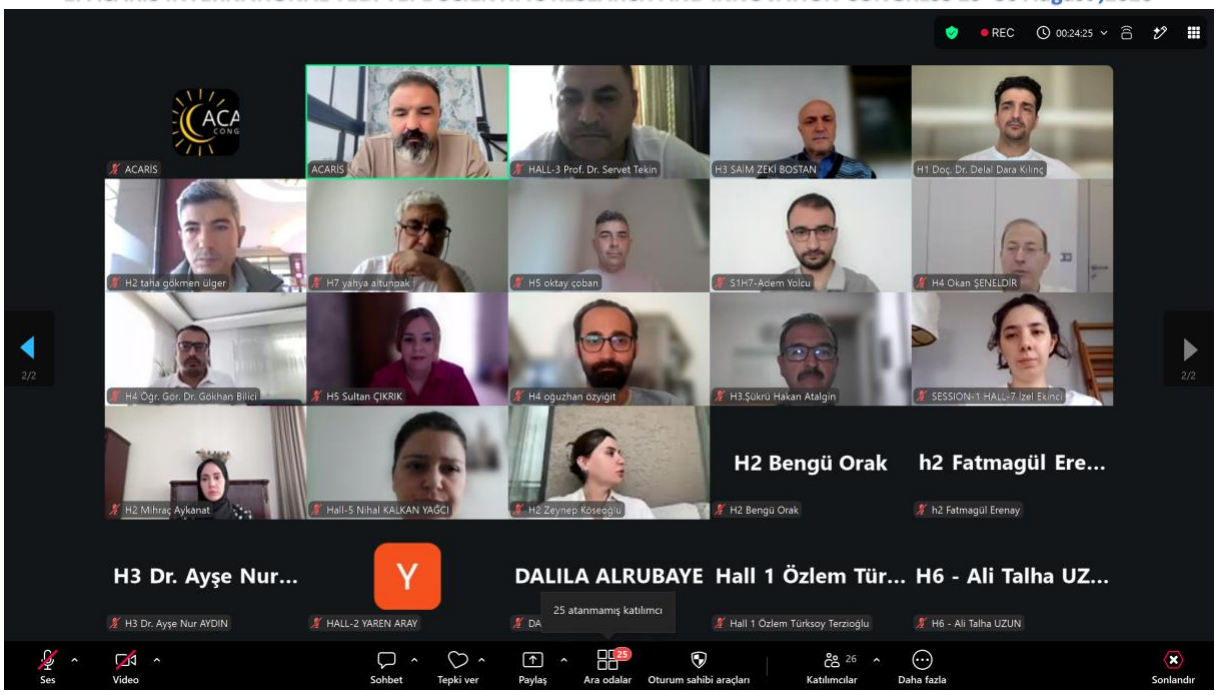
29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:30-12:30		
HEAD OF SESSION: *PROF. DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ*		
SESSION-2 HALL-8		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Ulduz Fərhad Qəhrəmanova, filologiya üzrə fəlsəfə doktoru	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,*	*NİZAMİ GƏNCƏVİNİN "SİRLƏR XƏZİNƏSİ" POEMASININ V MƏQALƏTİ: BƏŞƏRİN DÜŞKÜNLÜYÜ VƏ KEŞMƏKEŞLİ HƏYATI. "GƏNCLİK- NURLU SƏHƏRDİR, QOCALIQ- QƏRİB AXŞAM"*
Baş müəllim Arzu Kərimova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,*	*MÜƏLLİMİN NİTQ MƏDƏNİYYƏTİNİN TƏDRİSƏ TƏSİRİ*
Leyla Hesenova	*Azərbaycan*	*LİTERARY MOVEMENTS AND THEİR AESTHETİC-PHİLOSOPHİCAL CHARACTERİSTİCS*
Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA	*Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi*	**MÜASİR YAZIÇILARIMIZIN AZƏRBAYCAN UŞAQ FOLKLORUNDA YARADICILIĞI**
Aynur Zahir qızı Bədəlova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitesi*	*TOLSTOY VƏ DOSTOYEVSKİ: GÖRÜŞMƏYƏN İKİ YAZIÇININ YARADICILIQ ƏLAQƏLƏRİ*
Dr. Öğr. Türkan HÜSEYNOVA	*Azerbaycan Devlet Pedaqoji Üniversitesi, Bakü Devlet Üniversitesi,*	*STEPHEN GREENBLATT'IN ANALİZLERİ IŞIĞINDA WİLLİAM SHAKESPEARE'İN ESERLERİNDE VE ÖZEL HAYATINDA AİLE, EVLİLİK VE KADIN*
İradə Məmmədova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti Azərbaycan, Bakı*	*BİOLOGİYA TƏHSİLİNDƏ EKOLOJİ PROBLEMLƏRİN TƏHLİLİ VASİTƏSİLƏ BACARIQLARININ İNKİŞAFI*
İradə Məmmədova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti Azərbaycan, Bakı*	*BİOLOGİYA DƏRSLƏRİNDƏ ELMİ MƏLUMATLARIN QEYRİ-MÜƏYYƏNLİYİ İLƏ İŞLƏMƏ BACARIQLARININ İNKİŞAFI*
PROF. DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ	*Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu- BÜTÖV AZERBAYCAN*	*FONOLOGİYADA SƏSİN MƏNA LEKSEMLƏRİ VƏ LİNNQİVİSTİK QANUNLARI: SƏSİN SƏSİ- SÖZÜN ÜSLUB NƏFƏSİ*
PROF. DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ	*Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu- BÜTÖV AZERBAYCAN*	*SOKRATİZM VƏ MİRZƏ CƏLİL DAYMONİZMİ: "MOLLA NƏSRƏDDİN" REALİZMİNDƏ RƏĞBƏT LİRİZMİ VƏ MƏZƏMMƏD İŞARƏTLƏRİ*

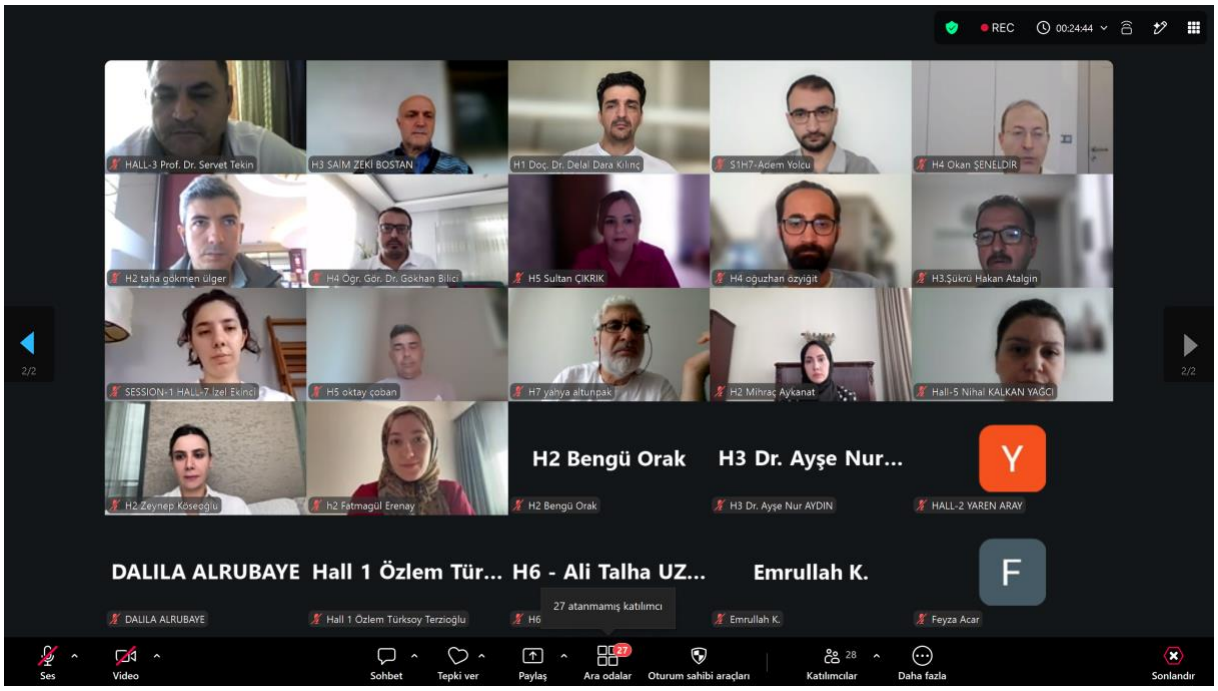
29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:30-12:30		
HEAD OF SESSION: *Dr. Muhammad FAISAL*		
SESSION-2 HALL-9		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
PhD Petronela Daniela FERARU	*National College Iași and 'Ion Neculce' High School, Târgu Frumos, Romania*	*DELAYING THE TRANSITION TO ADULTHOOD IN EUROPE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ROMANIA, GERMANY, AND SWEDEN*
PhD Petronela Daniela FERARU	*National College Iași and 'Ion Neculce' High School, Târgu Frumos, Romania*	*THE INVISIBLE WORK OF CARE: A EUROPEAN COMPARATIVE ANALYSIS OF GENDER INEQUALITIES AND INTERGENERATION*
Assistant Professor, Nata Khorava	*Alterbridge University, Georgia*	*WHO DECİDES WHAT WE SEE? POWER AND INFLUENCE İN MODERN MEDİA*
Assoc. Prof., dr. Aliaksandr Susha,	*Belarusian State University, Belarus, Minsk International Association for Belarusian Studies, chair, Belarus, Minsk*	*FACSİMİLES, DİGİTAL REPATRİATİON, AND PUBLİC MEMORY: NEW USES OF DOCUMENTARY HERİTAGE*
Abdelkarim BOUA	*Sidi Mohammed Ben Abdellah University, FEZ, Taza; Morocco*	*SOME IDENTITIES ON PRIME BANACH ALGEBRAS INVOLVING CONTINUOUS DERIVATIONS*
Prof. Dr. Habil. Laura DİACONU (MAXİM) *Prof. Dr. Habil. Mihai-Bogdan PETRİŞOR*	*"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Iasi, Romania*	*GLOBAL FİNANCİAL UNCERTAİNTY: IMPLİCATİONS FOR BUSİNESSES AND INVESTMENT DECİSİONS*
MUHAMMAD FAISAL	*Joint Director (AICU) at Ministry of IT & Telecommunication, Pakistan*	*MULTİMODAL ARTİFİCİAL INTELLİGENCE FOR INTELLİGENT CUSTOMER EXPERİENCE MANAGEMENT İN DİGİTAL ENTERPRİSES*
Igor DOBRAČA	*Juraj Dobrila University of Pula (Croatia)*	*TRANSLATIONS OF CROATIAN LITERATURE INTO FOREIGN LANGUAGES - ANALYSIS OF OPEN DATA*
Moses Adeolu AGOI, *Oluwakemi Racheal OSHINOWO,* *Yewande Adeyosola ODUNAYO.* *Hendri Hermawan ADINUGRAHA*	*Lagos State University of Education, Lagos Nigeria. Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan.*	*GENERATIVE AI IN EDUCATIONAL ADMINISTRATION: ECONOMIC VALUE, INSTITUTIONAL RISKS, AND STRATEGIC MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE EDUCATION SYSTEMS*
Lecturer, PhD, Irina-Ana DROBOT	*Technical University of Civil Engineering Bucharest,*	*AN ANALYSIS OF A HAIKU POEM ABOUT MORNING BY SASA RISTIC*
Lecturer, PhD, Irina-Ana DROBOT	*Technical University of Civil Engineering Bucharest,*	*AN ANALYSIS OF A HAIKU POEM ABOUT A SPIDER WEB BY SAM CANNAROZZI*

29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:30-12:30		
HEAD OF SESSION: *Dr. Alan Reed LIBERT*		
SESSION 2 HALL-10		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Malave Geetanjali, Peruru Lakshmi Deepthi, Dr. J. Salai Thillai Thilagam	*G. Pulla Reddy Engineering College (Autonomous), Kurnool, Andhra Pradesh, India*	*CELLULAR MOBİLE COMMUNİCATİON AND NETWORK ARCHİTECTURE: EVOLUTİON, ARCHİTECTURE, TECHNOLOGİES AND PERFORMANCE ANALYSİS*
Okemiri Henry Anayo, Uche-Nwachi Edward, Afolabi Idris Yinka	*Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike, Ebonyi State, Nigeria*	*DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT WASTE MANAGEMENT TRACKING SYSTEM*
Muhammad Anas Khan, Prof. Dr. Saad Ullah Khan, Prof. Dr. Noor Muhammad, Fardous	*Kohat University of Science and Technology (KUST), Kohat, Pakistan*	*HOMOZYGOSITY MAPPING OF A CONSANGUINEOUS FAMILY WITH INHERITED DWARFISM FROM DISTRICT KOHAT*
Borislav ABRASHEV, Valentin TERZIEV	*Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria. Centre of Competence HITMOBIL, Bulgaria*	*COMPOSITION AND MANUFACTURING METHODOLOGY OF AN INTEGRATED GAS DIFFUSION ELECTRODE WITH A UNIFIED STRUCTURE FOR METAL-AIR BATTERIES*
Bouguettah Imene Arabi Marwa	*University of Jijel, Algeria University of august, Algeria*	*METAHEURİSTİCALLY-TUNED PI-BASED MPPT CONTROL FOR VARİABLE-SPEED PMSGS WİND ENERGY CONVERSİON SYSTEM: A COMPARATİVE STUDY*
Dr. Alan Reed LIBERT	*University of Newcastle, Callaghan, Australia*	*NAMES OF BODIES OF WATER IN THE ARTIFICIAL LANGUAGE RO*
Maryam Gul, Dr. Mubashir Hussain	*Kohat University, Pakistan*	*GENETİC CHARACTERİZATİON OF FİRST-LİNE DRUG-RESİSTANCE MUTATİONS İN MULTİDRUG-RESİSTANT MYCOBACTERİUM TUBERCULOSİS*
Mohammed Waheeb	*The Hashemite University, Amman*	*THE USE OF DRONES İN DATE PALM PLANTATİON MANAGEMENT THE MEDJOOL DATE AS A MODEL*
Okechukwu Sunday	*Department of Computer Engineering, Federal college of Agriculture ishiagu, Ebonyi state, Nigeria.*	*SECURİNG MULTİ-CLOUD COMPUTİNG ECOSYSTEMS: EMERGİNG CYBERSECURİTY THREATS, RİSK ASSESSMENT, AND ADVANCED MİTİGATİON STRATEGİES*
ALI BIDA Ahmed, OUARI Abbes	*Higher School of Electrical and Energy Engineering of Oran, Algeria. APELEC Laboratory, Djillali Liabes University, Sidi Bel Abbes, Algeria.*	*TOWARDS RESILIENT OFF-GRID POWER SYSTEMS: MODELING, CONTROL, AND ENERGY MANAGEMENT OF PV-WIND HYBRID SYSTEMS WITH BATTERY-SUPERCAPACITOR STORAGE*
ALI BIDA Ahmed, OUARI Abbes	*Higher School of Electrical and Energy Engineering of Oran, Algeria. APELEC Laboratory, Djillali Liabes University, Sidi Bel Abbes, Algeria.*	*INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT STRATEGIES FOR STANDALONE PV-WIND-BATTERY SYSTEMS: A REVIEW OF CONTROL ARCHITECTURES AND OPTIMIZATION TECHNIQUES*

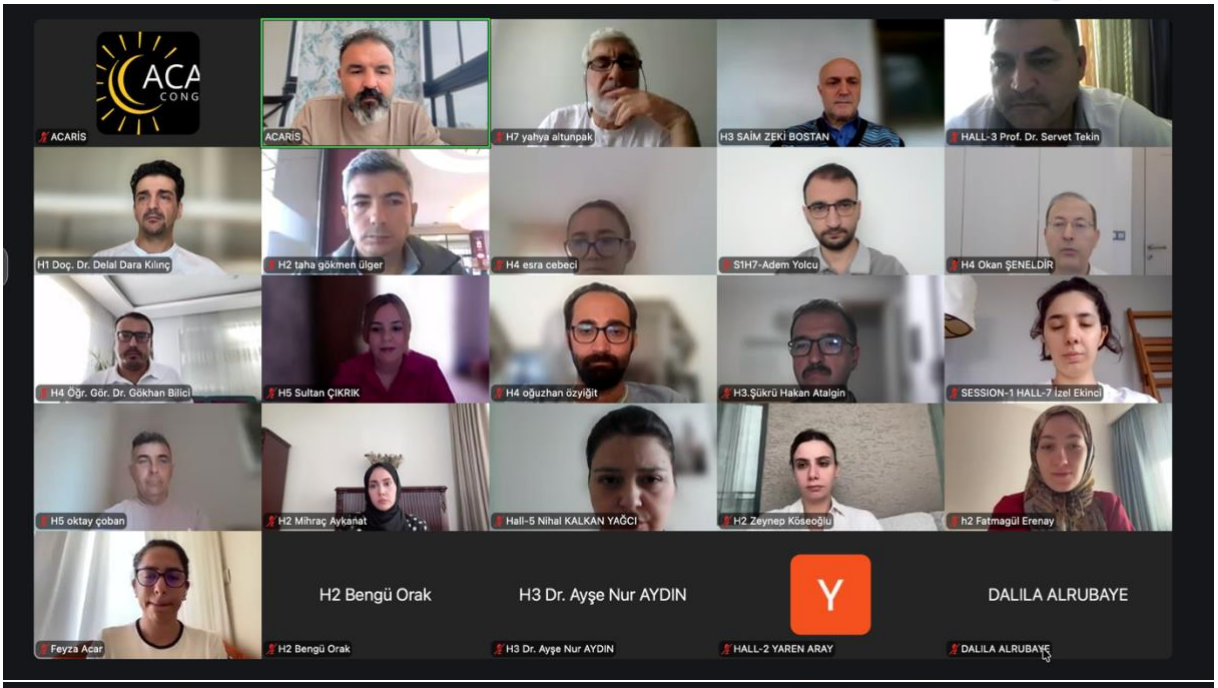
29.08.2026 TÜRKİYE Local Time: 10:30-12:30		
HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Elman Guliyev*		
SESSION 3 HALL-11		
AUTHORS	**AFFILIATION**	**TOPIC TITLE**
Prof. Dr. Elman Guliyev	*Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan*	*MEHMED AKİF ERSOY'UN İSTİKLAL MARŞI ŞİİRİN'DE İSTİKLAL GURURUMUZUN TERENNÜMÜ*
PhD Balakhanova Gumru Vasif	*Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan*	*URBANIZATION, HABITAT FRAGMENTATION, AND THE TRANSFORMATION OF ECOLOGICAL CONNECTIVITY*
PhD Balakhanova Gumru Vasif	*Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan*	*ECOLOGICAL STRESS FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON ECOSYSTEM SUSTAINABILITY*
Tarana AKBARİ	*Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi (ADPU),*	*EĞİTİM GERİLİMİ ŞARTLARINDA ÇOCUKLARIN ENDOKRİN SİSTEMİNİN FİZYOLOJİK ADAPTASYONU*
Abbas Muhammad Adam, Tukura Luka Ika, Ahmed Zampa Ibarahim and Yahaya Adamu	*Department of Guidance and counseling National open university of Nigeria School of General Educational psychology and counselling, federal College of Education Jama,are Bauchi State Nigeria*	*EFFİCACY OF COUNSELLİNG SERVİCES FOR STUDENTS WİTH DİSABİLİTİES: AN INTEGRATİVE REVİEW OF INCLUSİVE PRACTİCES AND OUTCOMES*

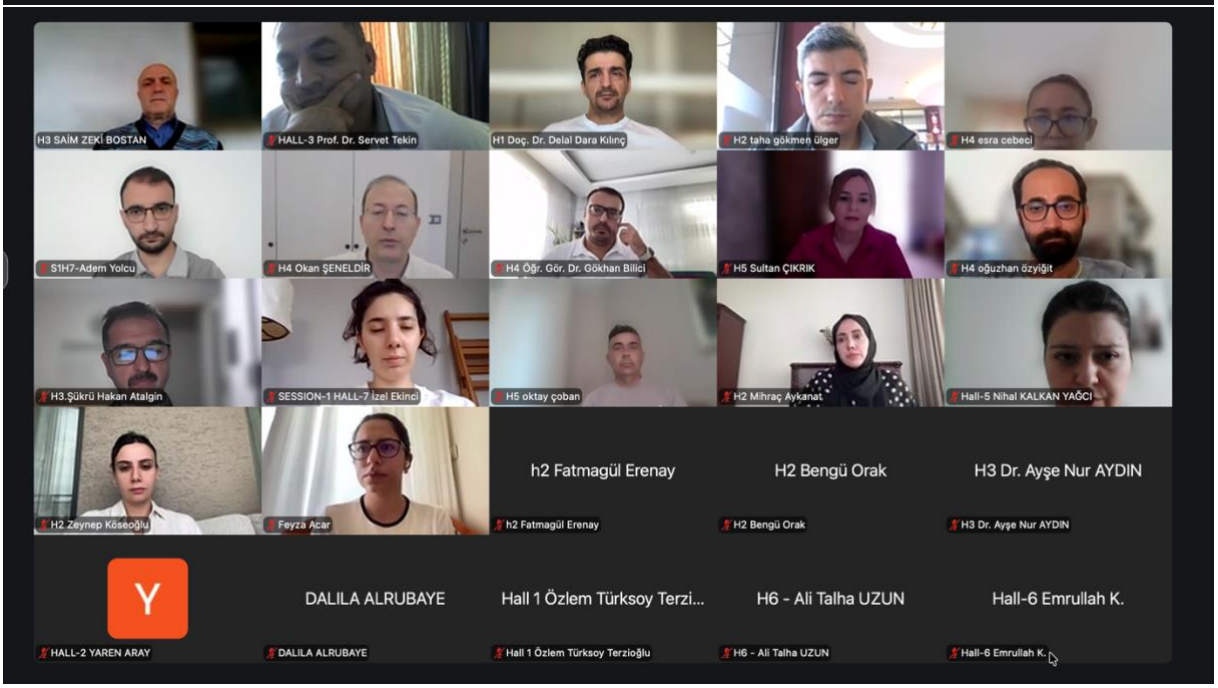
1. ACARIS INTERNATIONAL YEDİ TEPE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS 29–30 August ,2026



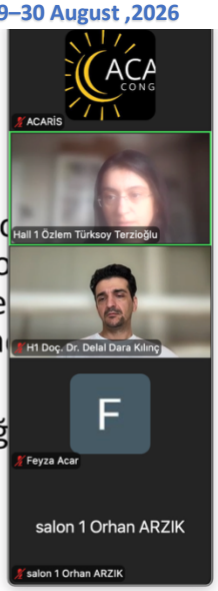


1. ACARIS INTERNATIONAL YEDİ TEPE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS 29–30 August ,2026





- Buna karşılık, aşırı mitokondriyal aktivitenin kanser progresyo
  ilişkili olduğuna dair kanıtlar giderek artmaktadır.Artmış mito
  biyogenez ve oksidatif fosforilasyon, tümör hücrelerinin süre
  büyümesini desteklemekte ve metabolik stres koşullarında a
  avantaj sağlamaktadır.
- Oral skuamöz hücreli karsinomda artmış mitokondriyal içeriğ
  henüz tam olarak aydınlatılmamıştır.



5. ÖNERİLER

Klinik Uygulama ve Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

Klinik Uygulamalara Yönelik

- Değerlendirilme kaygısı ile başvuran bireylerin değerlendirilmesinde mükemmeliyetçi eğilimler göz önünde bulundurulmalı.
- Öz-eleştirel mükemmeliyetçiliği yüksek danışanlarda psikolojik iyi oluşu destekleyici müdahalelere öncelik verilmeli.
- Katı mükemmeliyetçiliğe yönelik müdahalelerde olumsuz değerlendirilme korkusunun azaltılması hedeflenmeli.

Gelecek Araştırmalara Yönelik

- Nedensel ilişkilerin sınanabilmesi için boylamsal
- Farklı yaş ve kültürel gruplarla çalışılarak bulgula
  artırılmalı.
- Mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasında
  değişkenler (ör. duygu düzenleme) incelenmeli.

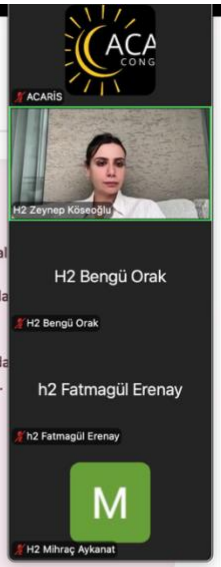
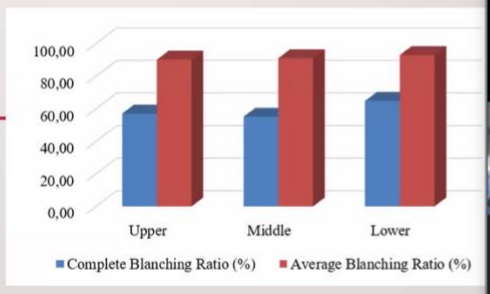
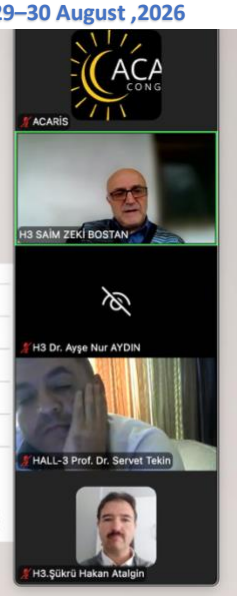


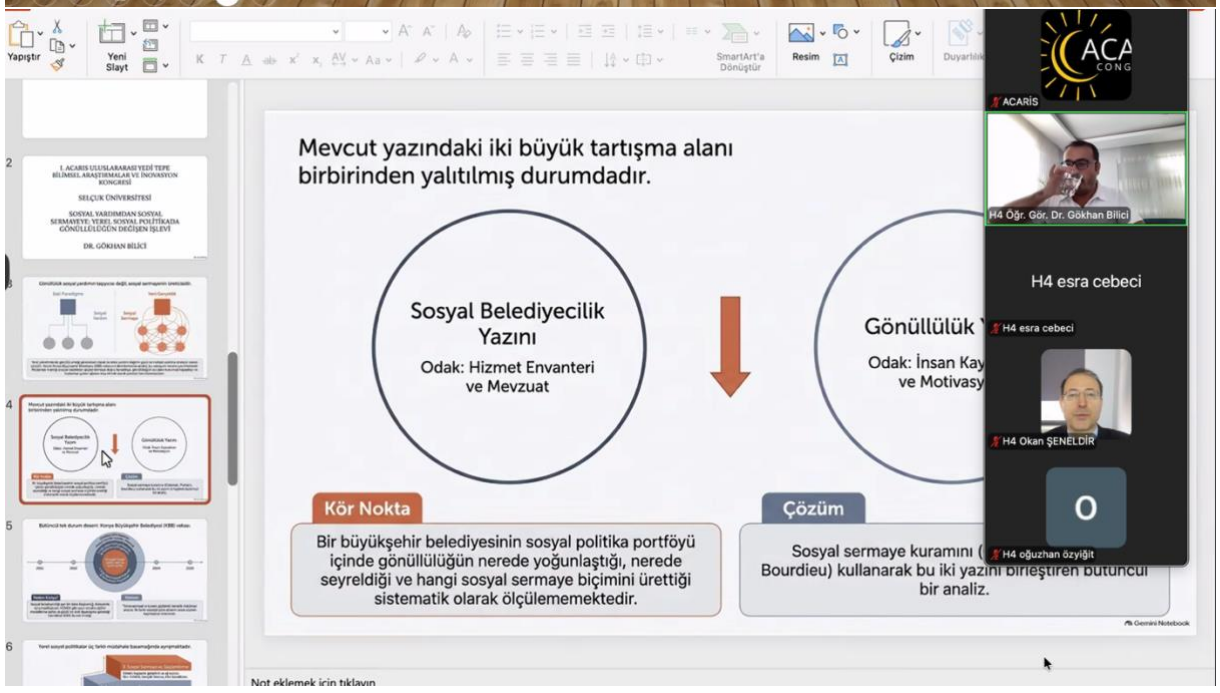
Table 4. Comparison of beyazlama ratios among canopy positions using the LSD multiple comparison test

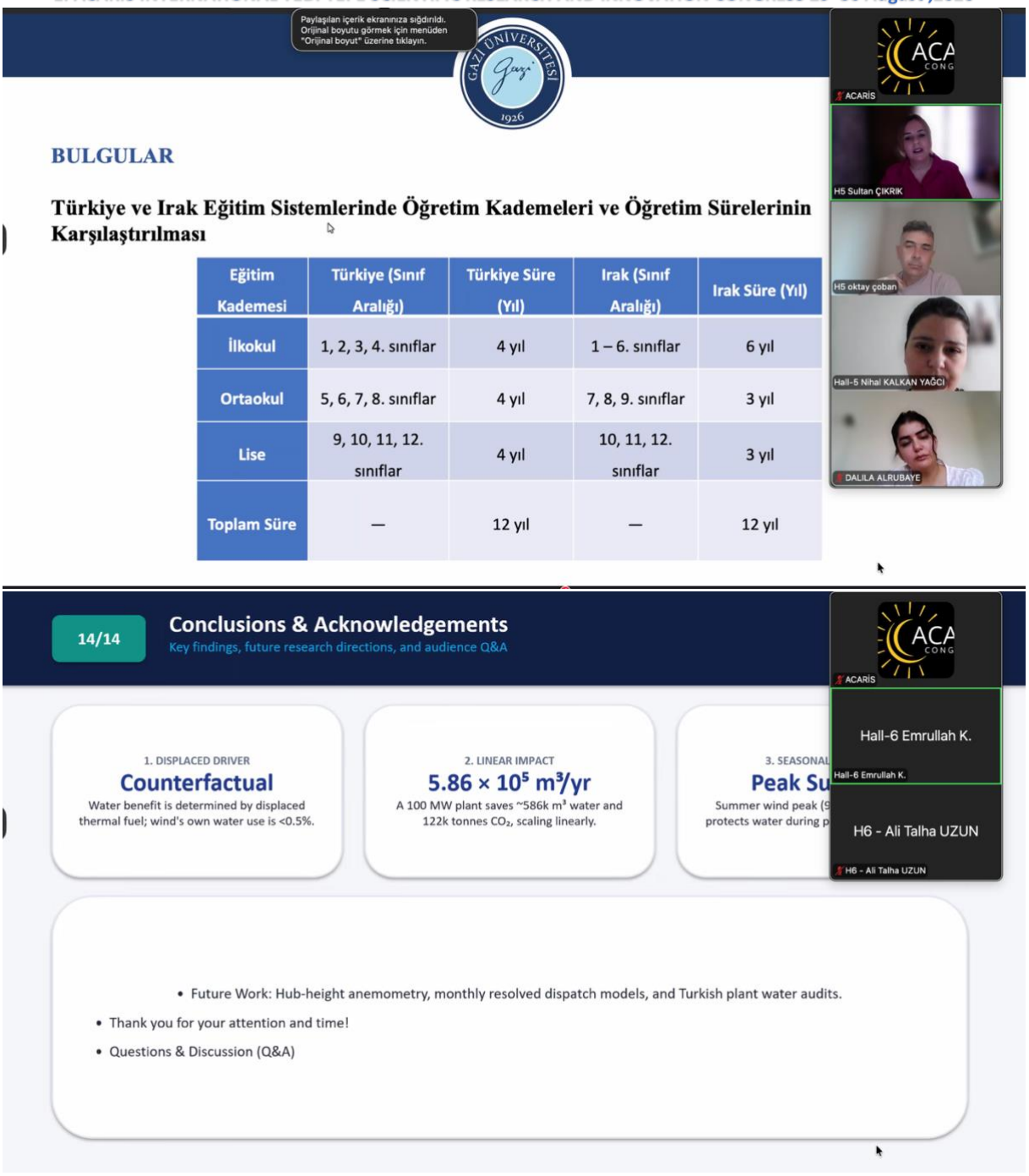
Tablo 4. LSD çoklu karşılaştırma testine göre taç konumları arasında beyazlama oranlarının karşılaştırılması

Variable	Position	Mean	Group
Complete blanching ratio (%)	Lower	64.76	a
	Upper	56.98	b
	Middle	55.08	b
Average blanching ratio (%)	Lower	92.95	a
	Middle	91.00	ab
	Upper	90.08	b









Paylaşılan içerik ekranınıza sığdırıldı. Orijinal boyutu görmek için menüden "Orijinal boyut" üzerine tıklayın.

BULGULAR

Türkiye ve Irak Eğitim Sistemlerinde Öğretim Kademeleri ve Öğretim Sürelerinin Karşılaştırılması

Eğitim Kademesi	Türkiye (Sınıf Aralığı)	Türkiye Süre (Yıl)	Irak (Sınıf Aralığı)	Irak Süre (Yıl)
İlkokul	1, 2, 3, 4. sınıflar	4 yıl	1 – 6. sınıflar	6 yıl
Ortaokul	5, 6, 7, 8. sınıflar	4 yıl	7, 8, 9. sınıflar	3 yıl
Lise	9, 10, 11, 12. sınıflar	4 yıl	10, 11, 12. sınıflar	3 yıl
Toplam Süre	—	12 yıl	—	12 yıl

ACARİS
H5 Sultan ÇIKRIK
H5 oktay çoban
Hall-5 Nihal KALKAN YAĞCI
DALILA ALRUBAYE

14/14

Conclusions & Acknowledgements

Key findings, future research directions, and audience Q&A

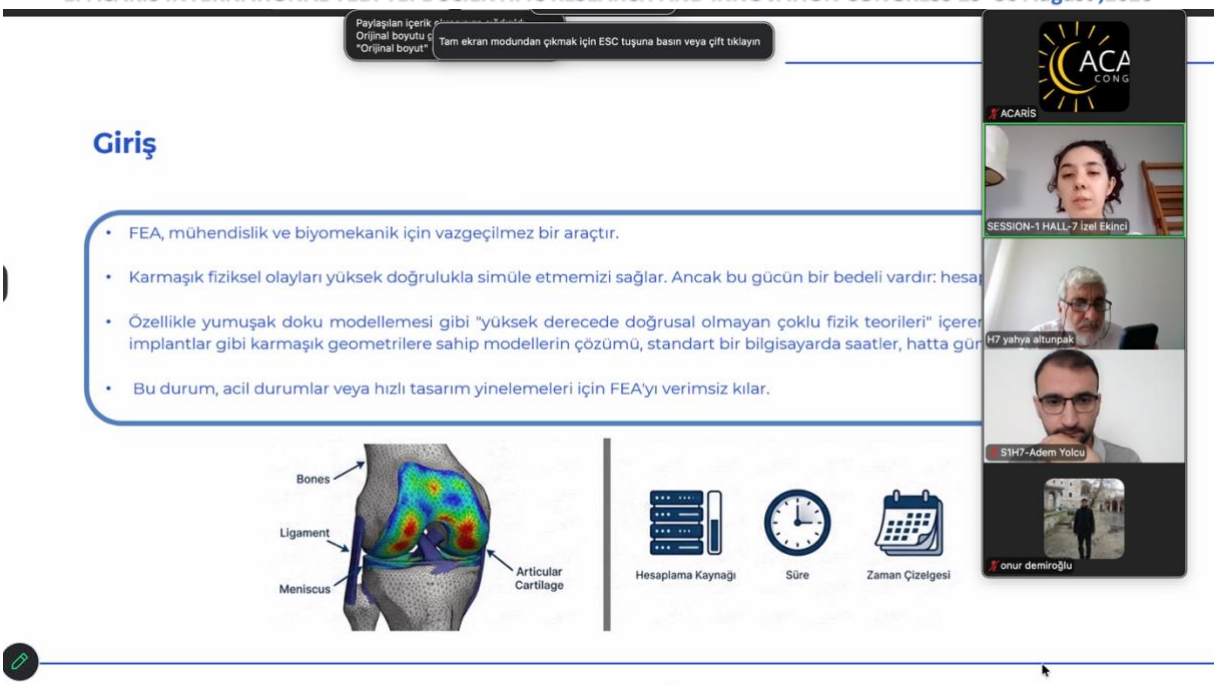
1. DISPLACED DRIVER
Counterfactual
Water benefit is determined by displaced thermal fuel; wind's own water use is <0.5%.

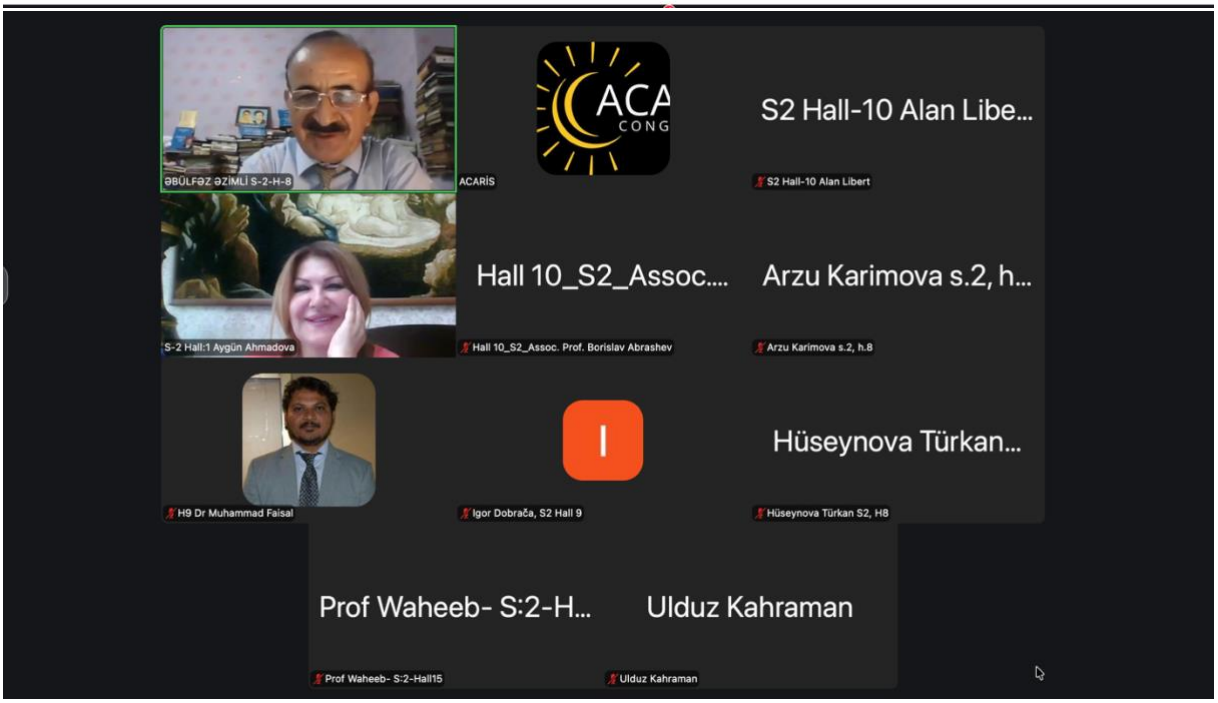
2. LINEAR IMPACT
5.86 × 10^5 m^3/yr
A 100 MW plant saves ~586k m^3 water and 122k tonnes CO_2, scaling linearly.

3. SEASONAL
Peak Su
Summer wind peak (9
protects water during p

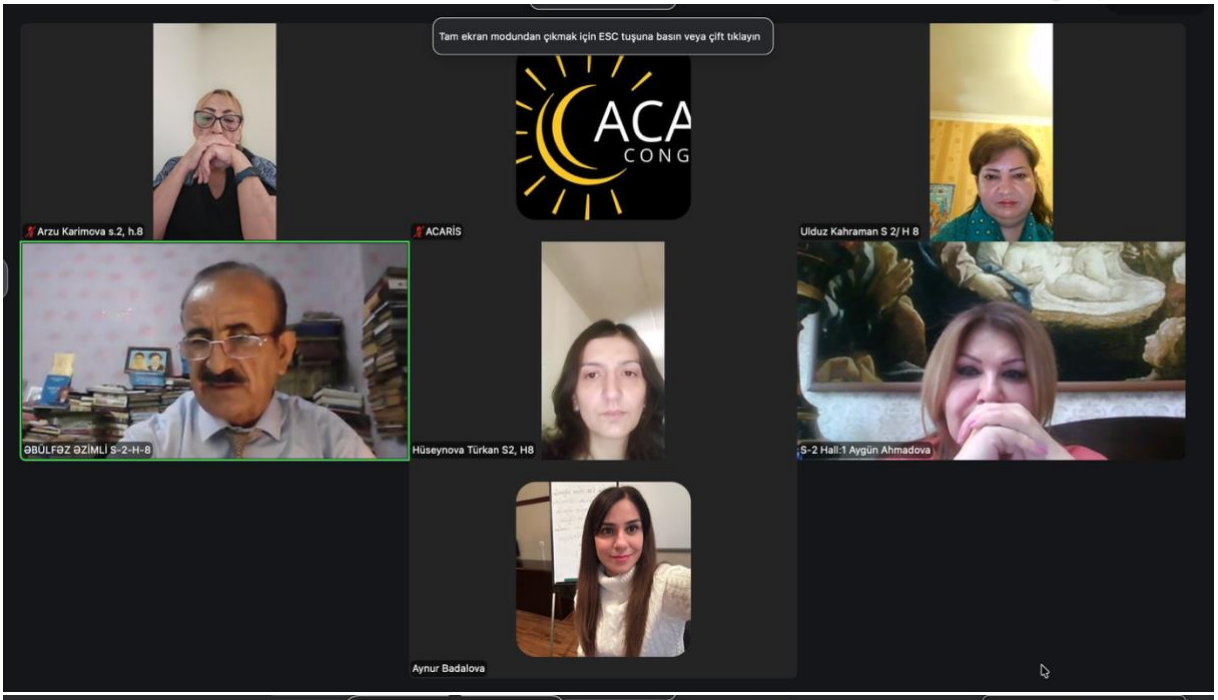
- Future Work: Hub-height anemometry, monthly resolved dispatch models, and Turkish plant water audits.
- Thank you for your attention and time!
- Questions & Discussion (Q&A)

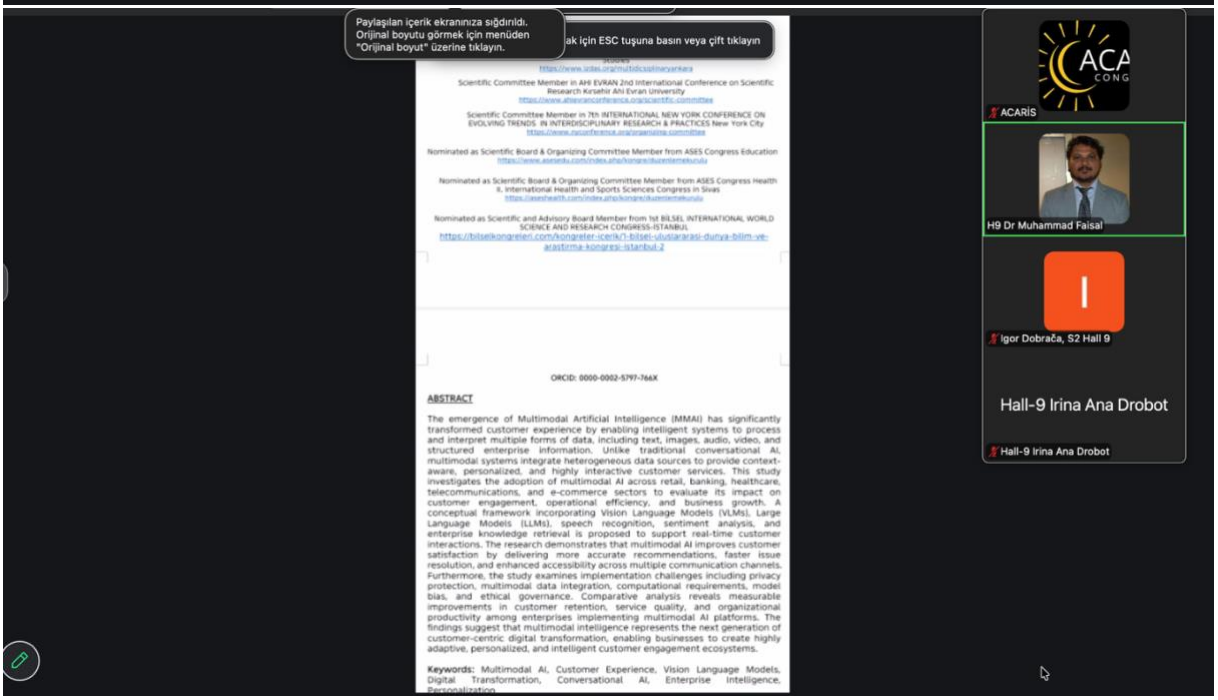
ACARİS
Hall-6 Emrullah K.
Hall-6 Emrullah K.
H6 - Ali Talha UZUN
H6 - Ali Talha UZUN

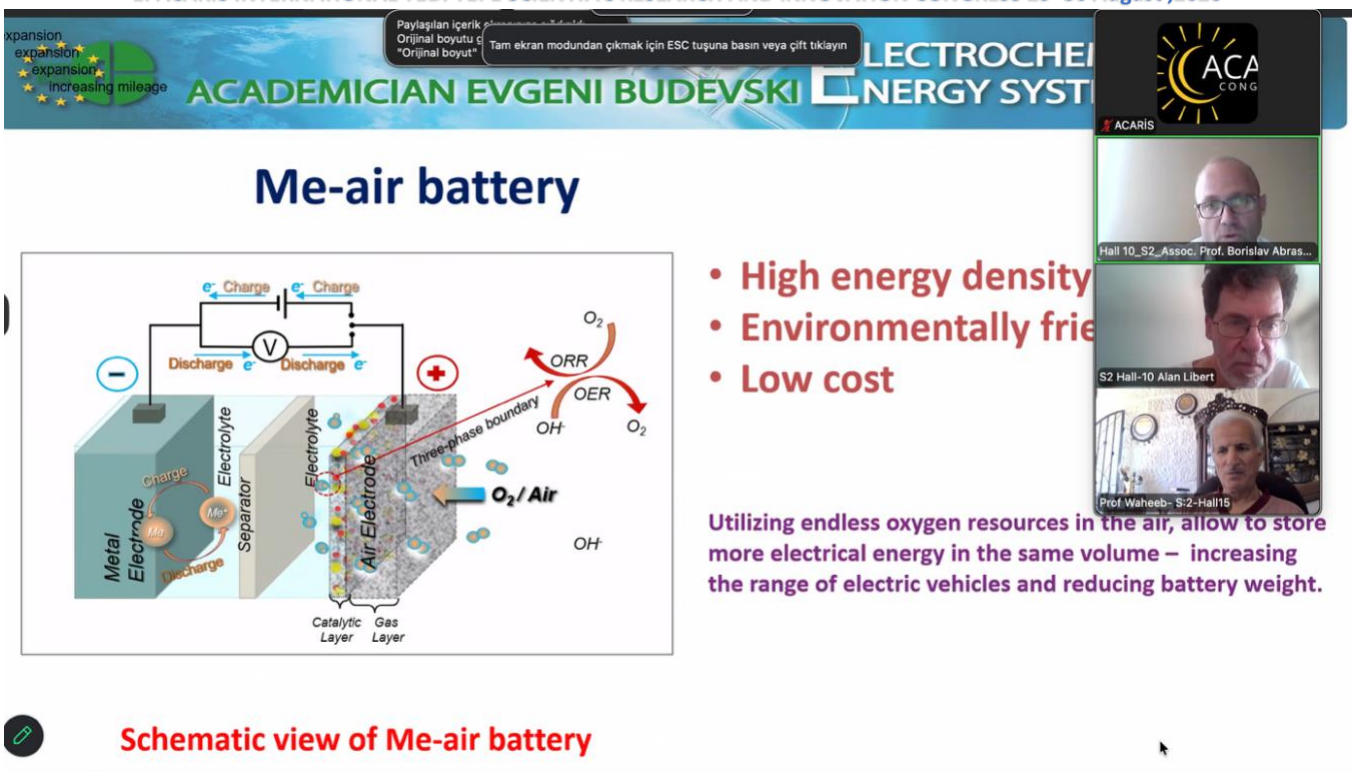

Tam ekran modundan çıkmak için ESC tuşuna basın veya çift tıklayın
Giriş
FEA, mühendislik ve biyomekanik için vazgeçilmez bir araçtır.
Karmaşık fiziksel olayları yüksek doğrulukla simüle etmemizi sağlar. Ancak bu gücün bir bedeli vardır: hesap
Özellikle yumuşak doku modellemesi gibi "yüksek derecede doğrusal olmayan çoklu fizik teorileri" içeren
implantlar gibi karmaşık geometrilere sahip modellerin çözümü, standart bir bilgisayarda saatler, hatta gün
Bu durum, acil durumlar veya hızlı tasarım yinelemeleri için FEA'yı verimsiz kılar.
Bones
Ligament
Meniscus
Articular Cartilage
Hesaplama Kaynağı
Süre
Zaman Çizelgesi
ACARİS
SESSION-1 HALL-7 İzel Ekinci
H7 yahya altunpak
S1H7-Adem Yolcu
onur demiroğlu


ƏBÜLFƏZ ƏZİMLİ S-2-H-8
ACARİS
S2 Hall-10 Alan Libe...
S2 Hall-10 Alan Libert
S-2 Hall:1 Aygün Ahmadova
Hall 10_S2_Assoc....
Hall 10_S2_Assoc. Prof. Borislav Abrashev
Arzu Karimova s.2, h...
Arzu Karimova s.2, h.8
H9 Dr Muhammad Faisal
Igor Dobrača, S2 Hall 9
Hüseynova Türkan...
Hüseynova Türkan S2, H8
Prof Waheeb- S:2-H...
Prof Waheeb- S:2-Hall15
Ulduz Kahraman
Ulduz Kahraman

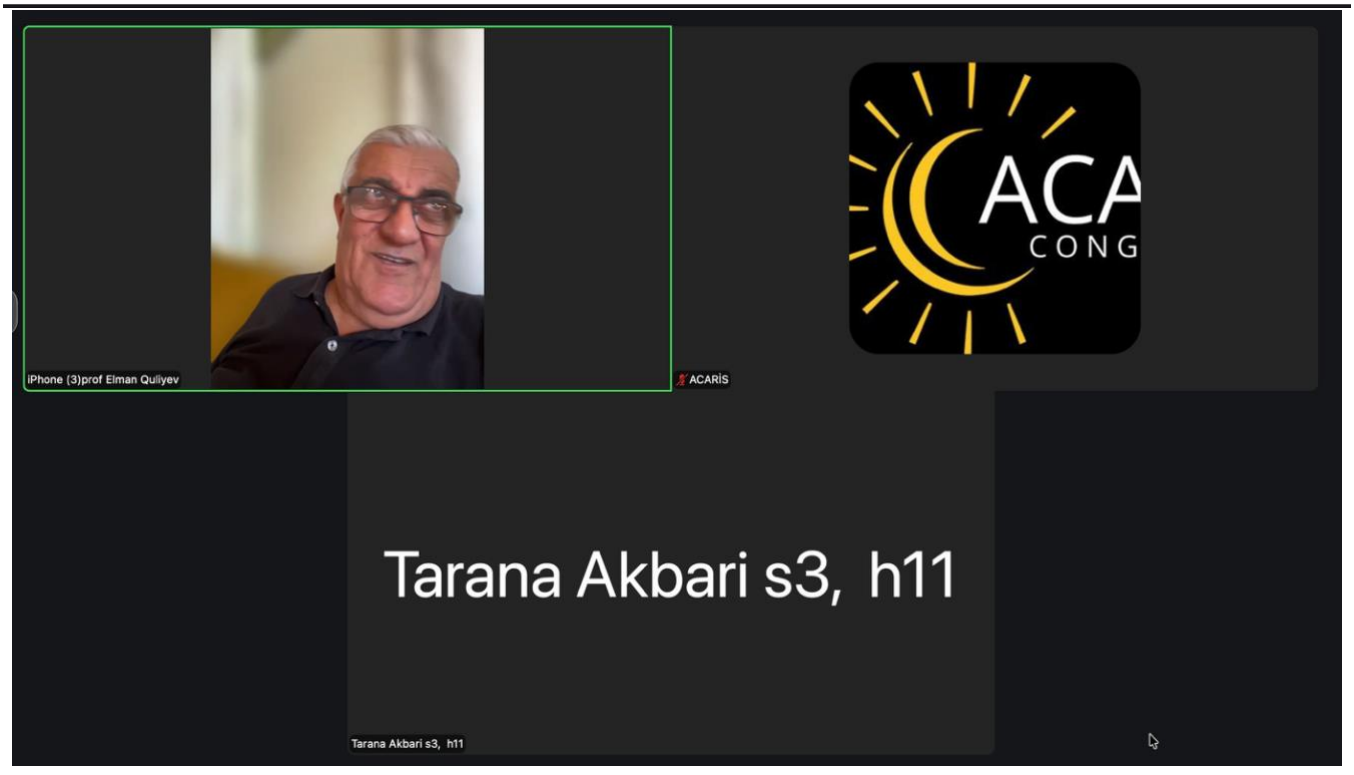
1. ACARIS INTERNATIONAL YEDİ TEPE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS 29–30 August ,2026







Schematic view of Me-air battery



İÇİNDEKİLER - CONTENTS

ROSMARİNİK ASİDİN PANC-1 POLİPLOİD DEV KANSER HÜCRELERİNDEN TÜREVLENEN YAVRU HÜCRELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 7

THE EFFECTS OF ROSMARINIC ACID ON DAUGHTER CELLS DERIVED FROM PANC-1 POLYPLOID GIANT CANCER CELLS 8

MİTOKONDRİ TRANSFERİNİN UPCI-SCC-131 ORAL SKUAMÖZ HÜCRELİ KARSİNOM HÜCRELERİNDE KÖK HÜCRE VE MEZENKİMAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ 9

THE EFFECT OF MITOCHONDRIAL TRANSFER ON STEMNESS AND MESENCHYMAL CHARACTERISTICS IN UPCI-SCC-131 ORAL SQUAMOUS CELL CARCINOMA CELLS 10

MADDE KULLANIM BOZUKLUĞU OLAN BİREYLERDE TRAVMA BİLGİLİ BAKIM: PSİKİYATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ 11

TRAUMA-INFORMED CARE FOR INDİVİDUALS WİTH SUBSTANCE USE DİSORDERS: THE ROLE OF THE PSYCHİATRİC NURSE 12

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂNIN PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNDE KULLANIMI: TERAPÖTİK İLİŞKİ, ETİK RİSKLER VE YENİ HEMŞİRELİK ROLLERİ 18

THE USE OF GENERATİVE ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN PSYCHİATRİC NURSİNG: THERAPEUTİC RELATİONSHİPS, ETHİCAL RİSKS, AND EMERGİNG NURSİNG ROLES 19

APP STORE VE GOOGLE PLAY PLATFORMLARINDA İSKELETSEL MATÜRASYON EVRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK AKILLI TELEFON UYGULAMALARI 25

SMARTPHONE SKELETAL MATURATİON STAGES APPLİCATİONS ON APPSTORE AND GOOGLE PLAY 26

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ASSISTED DETECTION OF SUB-CROWN CARIES IN PANORAMIC RADIOGRAPHS: CURRENT EVIDENCE AND FUTURE PERSPECTIVES 27

PANORAMİK RADYOGRAFLARDA KRON ALTI ÇÜRÜKLERİN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TESPİTİ: MEVCUT KANITLAR VE GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER 28

UNPLANNED CLINICAL PROCEDURES IN PROSTHODONTIC TREATMENT: CLINICAL APPROACHES BEYOND THE PLANNED PROSTHETIC THERAPY 29

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE PLANLANMAMIŞ KLİNİK İŞLEMLER: PLANLANAN PROTETİK TEDAVİNİN ÖTESİNDE KLİNİK YAKLAŞIMLAR 30

EMERGENCY CESAREAN SECTİON AND CONCOMİTANT MYOMECTOMY İN A PRİMİPAROUS WOMAN WİTH MULTİPLE UTERİNE LEİOMYOMAS AND DYSFUNCTİONAL LABOR: A CASE REPORT 31

MÜKEMMELİYETÇİLİK İLE OLUMSUZ DEĞERLENDİRİLME KORKUSUNUN PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ İLE İLİŞKİSİ 37

THE RELATIONSHIP BETWEEN PERFECTIONISM, FEAR OF NEGATIVE EVALUATION AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING 38

MUTLULUK KORKUSU İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞUN DEPRESYON, ANKSİYETE VE STRESLE İLİŞKİSİ 44

THE RELATIONSHIP OF FEAR OF HAPPINESS AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING WITH DEPRESSION, ANXIETY, AND STRESS 45

ANNELERİN KİŞİLİK ORGANİZASYONU DÜZEYLERİ İLE ANNE-ÇOCUK BAĞLANMA KALİTELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİDE DUYGU DÜZENLEME GÜÇLÜKLERİNİN ARACILIK ROLÜ 46

THE MEDIATING ROLE OF DIFFICULTIES IN EMOTION REGULATION IN THE RELATIONSHIP BETWEEN MOTHERS' LEVELS OF PERSONALITY ORGANIZATION AND MOTHER-CHILD BONDING QUALITY 47

BARİATRİK CERRAHİDE MAKRO BESİN VE MİKRO BESİN ÖGELERİNİN DEĞERLENDİRMESİ: LİTERATÜRDEN KANITLAR 48

MACRONUTRIENT AND MICRONUTRIENT CONSIDERATIONS IN BARIATRIC SURGERY: EVIDENCE FROM THE CURRENT LITERATURE 49

AYRILIK KAYGISI İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ ARASINDAKİ İLİŞKİDE YALNIZLIĞIN ARACI ROLÜ 52

THE MEDIATING ROLE OF LONELINESS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN SEPARATION ANXIETY AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING 53

FİZYOTERAPİSTLERDE REHABİLİTASYON TEKNOLOJİLERİNE YÖNELİK FARKINDALIK, KLİNİK KULLANIM VE GEREKSİNİMLERİN İNCELENMESİ: PİLOT ÇALIŞMA 56

AWARENESS, CLINICAL USE, AND NEEDS REGARDING REHABILITATION TECHNOLOGIES AMONG PHYSIOTHERAPISTS: A PILOT STUDY 57

NUTRITIONAL MANAGEMENT IN GLP-1-BASED OBESITY TREATMENTS: CURRENT EVIDENCE ON ENERGY AND NUTRIENT INTAKE AND PRESERVATION OF LEAN BODY MASS 58

MOLEKÜLER SALINIM TEKNOLOJİSİ VE TUZLULUĞUN DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE CHRISTIANSEN YEKNESAKLIK KATSAYISI ÜZERİNDEKİ ETKİLEŞİMİ 59

INTERACTION OF MOLECULAR OSCILLATION TECHNOLOGY AND SALINITY ON THE CHRISTIANSEN UNIFORMITY COEFFICIENT IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS 60

FARKLI SULAMA SUYU KALİTELERİNDE DAMLATICI TIKANIKLIĞININ ÖNLENMESİNDE MERUS HALKASI İLE ASİT UYGULAMALARININ EKONOMİK ANALİZİ 69

ECONOMIC COMPARISON OF MERUS RING AND ACID APPLICATIONS FOR PREVENTING EMITTER CLOGGING UNDER DIFFERENT IRRIGATION WATER QUALITIES 70

40 GÜNLÜK KÖPEK FETÜSLERİNDE STERNUMUN GELİŞİMİ VE OSSİFİKASYON DURUMU 79

DEVELOPMENT AND OSSIFICATION STATUS OF THE STERNUM IN 40-DAY-OLD DOG FETUSES 80

40 GÜNLÜK BEKÇİ MELEZİ KÖPEK FETÜSLERİNDE KUYRUK OMURLARININ GELİŞİMİ VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ 81

DEVELOPMENT AND MORPHOLOGİCAL CHARACTERİSTİCS OF CAUDAL VERTEBRAE İN 40-DAY-OLD CROSSBREED GUARD DOG FETUSES 82

GADOLİNYUM MARUZİYETİ VE SICAKLIĞIN Danio rerio'larda ACHE AKTİVİTESİNE ETKİSİ 83

GADOLİNYUM TOKSİSİTESİ VE SICAKLIĞIN Danio rerio'da CYP450 AKTİVİTESİ ÜZERİNDEKİ BİRLEŞİK ETKİLERİ 90

VARIATION IN HAZELNUT BLANCHING RATIO IN RELATION TO FRUIT POSITION WITHIN THE CANOPY 96

FINDIK MEYVESİNİN BEYAZLAMA ORANININ TAÇ İÇERİSİNDEKİ KONUMUNA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİ 97

SOSYAL YARDIMDAN SOSYAL SERMAYEYE: YEREL SOSYAL POLİTİKADA GÖNÜLLÜLÜĞÜN DEĞİŞEN İŞLEVİ 104

FROM SOCIAL ASSISTANCE TO SOCIAL CAPITAL: THE CHANGING FUNCTION OF VOLUNTEERING IN LOCAL SOCIAL POLICY 105

DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN GÖRÜNMEYEN MALİYETİ: TÜRK KAMU PERSONEL REJİMİNDE TEKNOSTRES VE BAĞLANTIYI KESME HAKKI 114

THE INVISIBLE COST OF DIGITAL TRANSFORMATION: TECHNOSTRESS AND THE RIGHT TO DISCONNECT IN THE TURKISH PUBLIC PERSONNEL REGIME 115

WEB SİTESİ KALİTESİNDEN MARKA GÜVENİNE: DİJİTAL TÜKETİCİ DAVRANIŞINDA eWOM SÜRECİ 122

FROM WEBSITE QUALITY TO BRAND TRUST: THE eWOM PATHWAY IN DIGITAL CONSUMER BEHAVIOR . 123

ÖRGÜTLERDE PROBLEM NE ZAMAN ÖĞRENMEYE DÖNÜŞÜR? STRATEJİK UYUM İÇİN KAVRAMSAL BİR MODEL 129

WHEN DOES A PROBLEM BECOME LEARNING IN ORGANIZATIONS? A CONCEPTUAL MODEL FOR STRATEGIC ADAPTATION 130

EKONOMİK BÜYÜMEDEN YEŞİL BÜYÜMEYE: BÜYÜME VE KALKINMA TEORİLERİ ÇERÇEVESİNDE KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME 131

FROM ECONOMIC GROWTH TO GREEN GROWTH: A CONCEPTUAL ASSESSMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF GROWTH AND DEVELOPMENT THEORIES 132

TÜRKİYE VE IRAK'TA BİYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMLARININ KARŞILAŞTIRMALI EĞİTİM KAPSAMINDA İNCELENMESİ 133

AN EXAMINATION OF BIOLOGY CURRICULA IN TÜRKİYE AND IRAQ WITHIN THE SCOPE OF COMPARATIVE EDUCATION 134

ORTA AMERİKA FOLKLORUNDA EL CADEJO EFSANESİ VE KOLEKTİF BİLİNÇDIŞI 135

THE LEGEND OF EL CADEJO IN CENTRAL AMERICAN FOLKLORE AND THE COLLECTIVE UNCONSCIOUS 136

SPOR BİLİMLER FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN DİJİTAL SERBEST ZAMAN YÖNELİMLERİNİN İNCELENMESİ 142

AN ANALYSIS OF THE DIGITAL LEISURE BEHAVIORS OF STUDENTS IN THE FACULTY OF SPORTS SCIENCES 143

THE PRAGMA-COGNITIVE NATURE OF INDIRECT SPEECH ACTS IN ENGLISH AND UZBEK: EVIDENCE FROM INTERROGATIVE AND IMPERATIVE CONSTRUCTIONS 158

METHODOLOGY OF INTEGRATED TEACHING OF PHYSICS AND ENERGY SCIENCES 162

METHODOLOGY OF TEACHING THE ENERGY-SAVING TOPIC THROUGH DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES 166

ACADEMIC WRITING ANXIETY AMONG FOREIGN LANGUAGE LEARNERS 170

OSMANİYE-NURDAĞI RÜZGÂR KORİDORUNDA (TÜRKİYE) RÜZGÂR ENERJİSİNDEN ÖNLENEN TATLI SU TÜKETİMİ VE CO_2 EMİSYONLARI: BİR YAŞAM DÖNGÜSÜ VAKA ÇALIŞMASI 171

AVOIDED FRESHWATER CONSUMPTION AND CO_2 EMISSIONS FROM WIND POWER IN THE OSMANİYE-NURDAĞI WIND CORRIDOR, TÜRKİYE: A LIFE-CYCLE CASE STUDY 172

ENDÜSTRİYEL KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE ARIZA OLASILIĞINA DAYALI ÜRETİM KAYBI VE GÜVENİLİRLİK MODELLEMESİ 182

BÖLGESEL KONTROL YAKLAŞIMI İLE KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE GÜVENLİK VE OPERASYONEL PERFORMANS ANALİZİ 192

SAFETY AND OPERATIONAL PERFORMANCE ANALYSIS IN CONVEYOR SYSTEMS WITH REGIONAL CONTROL APPROACH 193

STABLE DECISION REGIONS BASED ON FERMATEAN FUZZY SOFT REGULAR OPEN SETS 206

AKILLI SU YÖNETİMİNDE POMPA SİSTEMLERİNİN SU VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ: ÖMÜR BOYU MALİYET MODELLEMESİNE DAYALI KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME 213

THE IMPACT OF PUMP SYSTEMS ON WATER AND ENERGY EFFICIENCY IN SMART WATER MANAGEMENT: A CONCEPTUAL EVALUATION BASED ON LIFE CYCLE COST MODELING 214

KONTAK MALZEMELERİ İÇİN ELEKTRİK KONTAK PERFORMANSI ÖLÇÜM CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ 222

DESIGN AND MANUFACTURING OF AN ELECTRICAL CONTACT PERFORMANCE MEASUREMENT DEVICE FOR CONTACT MATERIALS 223

MMK TOZLARININ ÜRETİMİNDE KULLANILACAK BİR MEKANİK ALAŞIMLAMA CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ 230

AI AND FEA INTEGRATION IN FUTURE SIMULATION ECOSYSTEMS: A REVIEW OF SURROGATE MODELING STRATEGIES 236

GELECEĞİN SİMÜLASYON EKOSİSTEMİNDE AI VE FEA ENTEGRASYONU: VEKİL MODEL STRATEJİLERİNİN İNCELEMESİ 237

ZEMİNLERİN SIKIŞTIRILMASININ ZEMİNLER ÜZERİNE ETKİSİ 244

THE EFFECT OF SOİL COMPACTİON ON SOİLS 245

ARTİCLE V OF NİZAMİ GANJAVİ'S POEM "TREASURE OF SECRETS": THE DESPAİR AND THE TURBULENT LİFE OF MAN. "YOUTH İS A BRİGHT MORNİNG, OLD AGE İS A STRANGE EVENİNG" 247

THE IMPACT OF A TEACHER'S SPEECH CULTURE ON TEACHING 250

LİTERARY MOVEMENTS AND THEİR AESTHETİC-PHİLOSOPHİCAL CHARACTERİSTİCS 255

CREATIVITY OF OUR MODERN WRITERS IN AZERBAIJAN CHILDREN'S FOLKLORE 258

STEPHEN GREENBLATT'IN ANALİZLERİ IŞIĞINDA WİLLİAM SHAKESPEARE'İN ESERLERİNDE VE ÖZEL HAYATINDA AİLE, EVLİLİK VE KADIN 265

FAMILY, MARRIAGE, AND WOMEN IN THE WORKS AND PRIVATE LIFE OF WILLIAM SHAKESPEARE IN LIGHT OF STEPHEN GREENBLATT'S ANALYSES 266

DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING SKILLS THROUGH THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN BIOLOGY EDUCATION 268

DEVELOPMENT OF SKILLS FOR WORKING WITH SCIENTIFIC DATA UNCERTAINTY IN BIOLOGY LESSONS277

SOUND MEANING LEXEMS AND LINGUISTIC LAWS IN PHONOLOGY: SOUND OF SOUND - STYLE BREATH OF THE WORD 286

SOCRATES AND MIRZA JALIL'S DAIMONISM: TYPES OF EXPRESSION OF LYRICISM AND SATIRISM IN THE REALISM OF "MOLLA NASREDDIN" 288

DELAYING THE TRANSITION TO ADULTHOOD IN EUROPE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ROMANIA, GERMANY, AND SWEDEN 289

THE INVISIBLE WORK OF CARE: A EUROPEAN COMPARATIVE ANALYSIS OF GENDER INEQUALITIES AND INTERGENERATIONAL SOLIDARITY 307

WHO DECİDES WHAT WE SEE? POWER AND INFLUENCE İN MODERN MEDİA 326

FACSİMİLES, DİGİTAL REPATRİATİON, AND PUBLİC MEMORY: NEW USES OF DOCUMENTARY HERİTAGE327

SOME İDENTİTİES ON PRİME BANACH ALGEBRAS İNVOLVİNG CONTİNUOUS DERİVATİONS 339

GLOBAL FİNANCİAL UNCERTAİNTY: IMPLİCATİONS FOR BUSİNESSES AND INVESTMENT DECİSİONS 340

MULTİMODAL ARTİFİCİAL INTELLİGENCE FOR INTELLİGENT CUSTOMER EXPERİENCE MANAGEMENT İN DİGİTAL ENTERPRİSES 341

HIRVAT EDEBİYATININ YABANCI DİLLERE ÇEVİRİLERİ - AÇIK VERİLERİN ANALİZİ 343

TRANSLATIONS OF CROATIAN LITERATURE INTO FOREIGN LANGUAGES - ANALYSIS OF OPEN DATA 344

GENERATIVE AI IN EDUCATIONAL ADMINISTRATION: ECONOMIC VALUE, INSTITUTIONAL RISKS, AND STRATEGIC MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE EDUCATION SYSTEMS 345

AN ANALYSIS OF A HAIKU POEM ABOUT MORNING BY SASA RISTIC 356

AN ANALYSIS OF A HAIKU POEM ABOUT A SPIDER WEB BY SAM CANNAROZZI 359

CELLULAR MOBİLE COMMUNİCATİON AND NETWORK ARCHİTECTURE: EVOLUTİON, ARCHİTECTURE, TECHNOLOGİES AND PERFORMANCE ANALYSİS 362

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT WASTE MANAGEMENT TRACKING SYSTEM 363

HOMOZYGOSITY MAPPING OF A CONSANGUINEOUS FAMILY WITH INHERITED DWARFISM FROM DISTRICT KOHAT 364

COMPOSITION AND MANUFACTURING METHODOLOGY OF AN INTEGRATED GAS DIFFUSION ELECTRODE WITH A UNIFIED STRUCTURE FOR METAL-AIR BATTERIES 365

METAHEURISTICALLY-TUNED PI-BASED MPPT CONTROL FOR VARIABLE-SPEED PMSGS WIND ENERGY CONVERSION SYSTEM: A COMPARATIVE STUDY 366

GENETİC CHARACTERİZATİON OF FİRST-LİNE DRUG-RESİSTANCE MUTATİONS İN MULTİDRUG-RESİSTANT MYCOBACTERİUM TUBERCULOSİS 367

THE USE OF DRONES IN DATE PALM PLANTATION MANAGEMENT THE MEDJOOL DATE AS A MODEL 368

SECURİNG MULTİ-CLOUD COMPUTİNG ECOSYSTEMS: EMERGİNG CYBERSECURİTY THREATS, RİSK ASSESSMENT, AND ADVANCED MİTİGATİON STRATEGİES 369

TOWARDS RESILIENT OFF-GRID POWER SYSTEMS: MODELING, CONTROL, AND ENERGY MANAGEMENT OF PV-WIND HYBRID SYSTEMS WITH BATTERY-SUPERCAPACITOR STORAGE 383

INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT STRATEGIES FOR STANDALONE PV-WIND-BATTERY SYSTEMS: A REVIEW OF CONTROL ARCHITECTURES AND OPTIMIZATION TECHNIQUES 384

MEHMED AKİF ERSOY'UN İSTİKLAL MARŞI ŞİİRİN'DE İSTİKLAL GURURUMUZUN TERENNÜMÜ 385

URBANIZATION, HABITAT FRAGMENTATION, AND THE TRANSFORMATION OF ECOLOGICAL CONNECTIVITY 390

ECOLOGICAL STRESS FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON ECOSYSTEM SUSTAINABILITY 400

EĞİTİM GERİLİMİ ŞARTLARINDA ÇOCUKLARIN ENDOKRİN SİSTEMİNİN FİZYOLOJİK ADAPTASYONU..... 409

PHYSIOLOGICAL ADAPTATION OF THE ENDOCRINE SYSTEM IN CHILDREN UNDER LEARNING STRAIN ... 410

EFFİCACY OF COUNSELLİNG SERVİCES FOR STUDENTS WİTH DİSABİLİTİES: AN INTEGRATİVE REVİEW OF INCLUSİVE PRACTİCES AND OUTCOMES 413

NAMES OF BODIES OF WATER IN THE ARTIFICIAL LANGUAGE RO……424

40 GÜNLÜK BEKÇİ MELEZİ KÖPEK FETÜSLERİNDE KUYRUK OMURLARININ GELİŞİMİ VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ ……...……431

DEVELOPMENT AND MORPHOLOGİCAL CHARACTERİSTİCS OF CAUDAL VERTEBRAE İN 40-DAY OLD CROSSBREED GUARD DOG FETUSES……...……432

40 GÜNLÜK KÖPEK FETÜSLERİNDE STERNUMUN GELİŞİMİ VE OSSİFİKASYON DURUMU……437

DEVELOPMENT AND OSSIFICATION STATUS OF THE STERNUM IN 40-DAY-OLD DOG FETUSES……438

ROSMARİNİK ASİDİN PANC-1 POLİPLOİD DEV KANSER HÜCRELERİNDEN TÜREVLENEN YAVRU HÜCRELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Terzioğlu[1]

Dr. Öğr. Üyesi Özlem Türksoy Terzioğlu[2,3]

[1] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Uluslararası Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul 34899, Türkiye

E-posta: gokhnterzioglu@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3101-626X

[2] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, İstanbul 34899, Türkiye
[3] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Deneysel Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi (DETUAM), Validebağ Araştırma Parkı, İstanbul 34662, Türkiye

E-posta: ozlem.turksoy@sbu.edu.tr
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0497-4991

Özet

Poliploid dev kanser hücreleri (PGCC'ler) ve bunlardan türevlenen yavru hücreler, yüksek hücresel plastisite ve tedavi direnci sergileyen, strese adapte olmuş bir kanser hücre popülasyonudur. Bu çalışmada, rosmarinik asidin (RA) PANC-1 pankreas kanseri hücre hattında $CoCl_2$ ile indüklenen PGCC'lerden türevlenen yavru hücreler üzerindeki etkileri araştırıldı. PGCC oluşumu ve bu hücrelerden yavru hücre türevlenmesi, hipoksi taklit edici ajan $CoCl_2$ kullanılarak indüklendi; ardından elde edilen yavru hücrelere RA uygulandı. Yavru hücrelerin canlılığı, sfer oluşturma kapasitesi ile seçilmiş kök hücre ve apoptoz ilişkili genlerin ekspresyonları değerlendirildi. RA'nın yavru hücre canlılığını azaltmakla birlikte, bu hücreler üzerindeki genel etkisinin sınırlı olduğu bulundu. Benzer şekilde, sfer oluşumu ve kök hücre ilişkili gen ekspresyonlarında yalnızca kısıtlı azalmalar gözlenirken, apoptoz ilişkili belirteçlerde küçük değişiklikler saptandı. Bu bulgular, $CoCl_2$ ile indüklenen PANC-1 PGCC'lerinden türevlenen yavru hücrelerin RA'ya sınırlı yanıt gösterdiğini ve bu durumun, söz konusu hücre popülasyonunun ebeveyn poliploid hücrelerden miras aldığı strese toleranslı fenotip ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler:Poliploid dev kanser hücreleri, rosmarinik asit, $CoCl_2$, PANC-1, Pankreas kanseri

THE EFFECTS OF ROSMARINIC ACID ON DAUGHTER CELLS DERIVED FROM PANC-1 POLYPLOID GIANT CANCER CELLS

Assist. Prof. Gökhan Terzioğlu[1]

Assist. Prof. Özlem Türksoy Terzioğlu[2,3]

[1]Department of Molecular Biology and Genetics, Hamidiye Institute of Health Sciences, University of Health Sciences, Istanbul 34899, Türkiye,
E-mail: gokhnterzioglu@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3101-626X
[2]Experimental Medicine Research and Application Center (DETUAM), Validebag Research Park, University of Health Sciences, Istanbul 34662, Türkiye
[3]Department of Medical Biology, Hamidiye International School of Medicine, University of Health Sciences, Istanbul 34899, Türkiye,
E-mail: ozlem.turksoy@sbu.edu.tr,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0497-4991

Abstract

Polyploid giant cancer cells (PGCCs) and their derived daughter cells constitute a stress-adapted cancer cell population characterized by high cellular plasticity and therapeutic resistance. In this study, the effects of rosmarinic acid (RA) on daughter cells derived from $CoCl_2$-induced PGCCs in the PANC-1 pancreatic cancer cell line were investigated. PGCC formation and the subsequent generation of daughter cells were induced using the hypoxia-mimetic agent $CoCl_2$, followed by the treatment of the harvested daughter cells with RA. The viability of the daughter cells, their sphere-forming capacity, and the expression levels of selected stemness- and apoptosis-related genes were evaluated. Although RA reduced daughter cell viability, its overall effect on these cells was found to be limited. Similarly, only constrained reductions were observed in sphere formation and stemness-related gene expressions, while minor changes were detected in apoptosis-related markers. Taken together, these findings suggest that daughter cells derived from $CoCl_2$-induced PANC-1 PGCCs exhibit a limited response to RA, which may be associated with the stress-tolerant phenotype inherited from their parental polyploid cells.

Keywords: Polyploid giant cancer cells, rosmarinic acid, $CoCl_2$, PANC-1, pancreatic cancer

MİTOKONDRİ TRANSFERİNİN UPCI-SCC-131 ORAL SKUAMÖZ HÜCRELİ KARSİNOM HÜCRELERİNDE KÖK HÜCRE VE MEZENKİMAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Terzioğlu[1]

Dr. Öğr. Üyesi Özlem Türksoy Terzioğlu[2,3]

[1] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Uluslararası Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul 34899, Türkiye

E-posta: gokhnterzioglu@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3101-626X

[2] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, İstanbul 34899, Türkiye
[3] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Deneysel Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi (DETUAM), Validebağ Araştırma Parkı, İstanbul 34662, Türkiye

E-posta: ozlem.turksoy@sbu.edu.tr
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0497-4991

Özet

Mitokondriyal dinamikler, kanser hücrelerinin fenotipik plastisitesini destekleyerek tümör gelişiminde stratejik bir rol üstlenir. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, ebeveyn hücre kaynaklı mitokondrilerin UPCI-SCC-131 oral skuamöz hücreli karsinom hücre hattındaki mitokondriyal yoğunluk ve kanser kök hücresi (CSC) fenotipi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre mitokondri transferi, UPCI-SCC-131 alıcı hücrelerinde hem mitokondriyal DNA (mtDNA) kopya sayısını hem de mitokondri membran potansiyelini belirgin şekilde yükseltmiştir. Bu mitokondriyal modifikasyonların, hücrelerin sferoid (küre) oluşturma yeteneğini artırdığı tespit edilmiştir. Eş zamanlı olarak, pluripotens ve kök hücrelikle ilişkili temel transkripsiyon faktörlerinin (*OCT4*, *NANOG* ve *SOX2*) yukarı regüle olduğu ve epitelial-mezenkimal geçiş (EMT) belirteçlerinin (*SNAIL*, *SLUG*, *N-KADHERİN* ve *VIMENTİN*) ekspresyon seviyelerinin arttığı gözlenmiştir. Özetle, bu bulgular UPCI-SCC-131 baş-boyun kanseri hücrelerinde artan mitokondri içeriğinin kök hücre benzeri özellikleri ve mezenkimal fenotipi tetiklediğini, bu durumun da tümör progresyonunu doğrudan hızlandırabileceğini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Oral skuamöz hücreli karsinom, Mitokondri, Kanser Kök Hücresi

THE EFFECT OF MITOCHONDRIAL TRANSFER ON STEMNESS AND MESENCHYMAL CHARACTERISTICS IN UPCI-SCC-131 ORAL SQUAMOUS CELL CARCINOMA CELLS

Assist. Prof. Gökhan Terzioğlu[1]

Assist. Prof. Özlem Türksoy Terzioğlu[2,3]

[1]Department of Molecular Biology and Genetics, Hamidiye Institute of Health Sciences, University of Health Sciences, Istanbul 34899, Türkiye,
E-mail: gokhnterzioglu@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3101-626X

[2]Experimental Medicine Research and Application Center (DETUAM), Validebag Research Park, University of Health Sciences, Istanbul 34662, Türkiye
[3]Department of Medical Biology, Hamidiye International School of Medicine, University of Health Sciences, Istanbul 34899, Türkiye,
E-mail: ozlem.turksoy@sbu.edu.tr,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0497-4991

Abstract

Mitochondrial dynamics play a critical role in cancer progression by contributing to the phenotypic plasticity of cancer cells. In this study, the effects of mitochondria isolated from parental cells on mitochondrial content and cancer stem cell (CSC)-associated features in the UPCI-SCC-131 oral squamous cell carcinoma cell line were investigated. Mitochondrial transfer led to a significant increase in both mtDNA copy number and mitochondrial membrane potential in the recipient cells. Furthermore, these mitochondrial alterations were shown to be functionally associated with an enhanced sphere-forming capacity, as well as the upregulation of stemness-related genes (*OCT4*, *NANOG*, and *SOX2*) and increased expression of mesenchymal markers (*SNAIL*, *SLUG*, *N-CADHERIN*, and *VIMENTIN*). Taken together, these findings suggest that increased mitochondrial content supports cancer stem-like properties, which could potentially contribute to tumor progression.

Keywords: Oral squamous cell carcinoma (OSCC), Mitochondria, Cancer Stem Cell

MADDE KULLANIM BOZUKLUĞU OLAN BİREYLERDE TRAVMA BİLGİLİ BAKIM: PSİKİYATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ

Feyza ACAR[1] / Dr.Öğr. Üyesi Fatma İlknur UZUN[2]/ Prof. Dr. Nezihe Bulut UĞURLU[3]/ Dr. Güllü YAZKAN[4]

[1]Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi AMATEM Polikliniği, afeyza.acar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3808-6260

[2]Biruni Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği, fuzun@biruni.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7039-4063

[3]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Muğla, nugurlu@mu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2860-1169

[4]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Muğla, gulluyazkan@gmail.com ORCID ID:0000-0002-7103-4625

Özet

Travmatik yaşantılar ile madde kullanım bozuklukları arasında çift yönlü ve karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Travmaya maruz kalma, madde kullanımının başlaması ve sürdürülmesi açısından önemli bir risk oluştururken, madde kullanımına bağlı yaşam koşulları da bireyin yeni travmatik deneyimlere maruz kalma olasılığını artırabilmektedir. Bu nedenle madde kullanım bozukluğu olan bireylere sunulan ruh sağlığı hizmetlerinde travmanın bireyin davranışları, ilişkileri ve tedavi süreci üzerindeki etkilerinin dikkate alınması önem taşımaktadır. Bu derlemenin amacı, madde kullanım bozukluğu olan bireylerde travma bilgili bakım yaklaşımını psikiyatri hemşireliği perspektifinden değerlendirmek ve hemşirenin bu yaklaşımdaki rollerini ortaya koymaktır. Travma bilgili bakım; güvenlik, güvenilirlik, iş birliği, seçim hakkı, güçlendirme ve yeniden travmatizasyonun önlenmesi ilkelerine dayanmaktadır. Güncel literatür, bu yaklaşımın bireyin sağlık profesyonellerine ve tedavi ortamına duyduğu güvenin geliştirilmesi, tedaviye katılım ve tedavide kalmanın desteklenmesi, ruhsal belirtilerin azaltılması ve bakım deneyiminin iyileştirilmesi açısından yarar sağlayabileceğini göstermektedir. Psikiyatri hemşireleri; travmaya ilişkin belirtilerin fark edilmesi, güvenli ve yargılamayan terapötik ortamın oluşturulması, damgalayıcı iletişimin önlenmesi, bireyin karar süreçlerine katılımının desteklenmesi, krizlerin yönetilmesi ve multidisipliner bakımın koordinasyonunda önemli sorumluluklara sahiptir. Sonuç olarak travma bilgili bakımın, madde kullanım bozukluğu hizmetlerinde yalnızca bireysel bir iletişim yaklaşımı değil, kurumsal bakım kültürünün temel bileşenlerinden biri olarak ele alınması önerilmektedir. Türkiye'de bu yaklaşımın bağımlılık tedavi hizmetlerindeki uygulanabilirliğini ve sonuçlarını değerlendiren çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: madde kullanım bozukluğu, travma, travma bilgili bakım, psikiyatri hemşireliği, bağımlılık

TRAUMA-INFORMED CARE FOR INDİVİDUALS WİTH SUBSTANCE USE DİSORDERS: THE ROLE OF THE PSYCHİATRİC NURSE

Abstract

Traumatic experiences and substance use disorders are characterized by a complex and bidirectional relationship. Exposure to trauma may contribute to the initiation and continuation of substance use, while circumstances associated with substance use may further increase individuals' vulnerability to subsequent traumatic experiences. Therefore, mental health services for individuals with substance use disorders should consider the potential effects of trauma on behaviors, interpersonal relationships, and treatment engagement. This review aims to evaluate trauma-informed care for individuals with substance use disorders from a psychiatric nursing perspective and to identify the roles of psychiatric nurses in its implementation. Trauma-informed care is based on principles including safety, trustworthiness, collaboration, choice, empowerment, and the prevention of retraumatization. Current literature suggests that trauma-informed approaches may contribute to greater trust in healthcare professionals and treatment environments, improved treatment engagement and retention, reduced psychological symptoms, and enhanced care experiences. Psychiatric nurses have important responsibilities in recognizing possible manifestations of trauma, establishing safe and nonjudgmental therapeutic environments, preventing stigmatizing communication, supporting patients' participation in decision-making, managing crises, and coordinating multidisciplinary care. Through continuous interaction with patients, nurses are also well positioned to identify situations that may trigger distress and to adapt care practices accordingly. In conclusion, trauma-informed care should be considered not merely as an individual communication strategy but as an essential component of the organizational culture of substance use treatment services. Psychiatric nurses should be supported through appropriate education, clinical supervision, and institutional policies to integrate trauma-informed principles into routine practice. Further studies are needed to evaluate the feasibility, effectiveness, and clinical outcomes of trauma-informed care models within substance use treatment services in Türkiye.

Keywords: substance use disorder, trauma, trauma-informed care, psychiatric nursing, addiction

Giriş

Madde kullanım bozuklukları; biyolojik, psikolojik ve sosyal faktörlerin karşılıklı etkileşimi sonucunda ortaya çıkan, kronik ve tekrarlama eğilimi gösterebilen önemli ruh sağlığı sorunları arasında yer almaktadır (Volkow ve Blanco, 2023). Madde kullanımının gelişimi ve sürdürülmesinde genetik yatkınlığın yanı sıra aile yapısı, çevresel faktörler, ruhsal hastalıklar, sosyal dezavantajlar ve yaşam boyunca karşılaşılan travmatik deneyimler etkili olabilmektedir. Özellikle çocukluk ve yetişkinlik döneminde maruz kalınan travmatik yaşantıların madde kullanımı ile önemli ölçüde ilişkili olduğu bildirilmektedir (Yazıcı ve Bardakçı, 2023).

Travmatik yaşantılar ile madde kullanımı arasındaki ilişki tek yönlü değildir. Travma sonrası ortaya çıkan anksiyete, depresif belirtiler, aşırı uyarılmışlık, uyku sorunları, kaçınma davranışları ve travmaya ilişkin istenmeyen anılar bazı bireylerin alkol veya diğer psikoaktif maddeleri baş etme aracı olarak kullanmasına neden olabilmektedir. Diğer taraftan madde kullanımına bağlı gelişen sosyal izolasyon, ekonomik sorunlar, riskli ilişkiler, şiddet, suçla karşılaşma ve güvensiz yaşam koşulları da bireyin yeni travmatik yaşantılara maruz kalma riskini artırabilmektedir (Bartholow ve Huffman, 2023).

Çocukluk çağı ihmal ve istismarı ile madde kullanımı arasındaki ilişkiyi inceleyen güncel çalışmalar da bu bağlantıyı desteklemektedir. Rakovski ve arkadaşlarının (2024) 58 çalışma ve toplam 170.749 katılımcıyı kapsayan sistematik derleme ve meta-analizinde çocukluk çağı ihmal ve istismarının gençlerde sonraki madde kullanımı veya kötüye kullanımı açısından önemli bir etken olduğu bildirilmiştir. Madde kullanım bozukluğu bulunan yetişkinlere odaklanan başka bir sistematik derleme ve meta-analizde ise çocukluk çağı kötü muamelesinin depresyon, anksiyete, travma sonrası stres bozukluğu ve kendine zarar verme gibi daha karmaşık klinik tablolarla ilişkili olduğu belirtilmiştir (Stocchero ve ark., 2024).

Bu bulgular bağımlılık hizmetlerinde bireyin yalnızca kullandığı madde, kullanım miktarı ve yoksunluk belirtileri üzerinden değerlendirilmesinin sınırlı kalacağını düşündürmektedir. Bireyin yaşam öyküsünün, travmatik deneyimlerinin ve travmaya bağlı olası tepkilerinin de bakım sürecinde dikkate alınması gerekmektedir. Bu noktada travma bilgili bakım, madde kullanım bozukluğu olan bireylere yönelik ruh sağlığı hizmetlerinde önemli bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Amaç

Bu derlemenin amacı, madde kullanım bozukluğu olan bireylerde travma bilgili bakım yaklaşımını psikiyatri hemşireliği perspektifinden değerlendirmek; travma ve madde kullanımı arasındaki ilişkiyi incelemek ve psikiyatri hemşirelerinin travma bilgili bakım kapsamındaki rollerini ortaya koymaktır.

Yöntem

Bu çalışma, madde kullanım bozukluklarında travma bilgili bakım yaklaşımını ve psikiyatri hemşiresinin rolünü güncel literatür doğrultusunda ele alan bir literatür derlemesidir. Konuyla ilişkili bilimsel çalışmalar ve travma bilgili bakım konusunda temel rehberler incelenerek; travma ile madde kullanım bozukluklarının ilişkisi, travma bilgili bakımın temel ilkeleri, bağımlılık hizmetlerinde uygulanması ve psikiyatri hemşiresinin rolleri başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Travma ve Madde Kullanım Bozukluğu Arasındaki İlişki

Travma; bireyin fiziksel veya psikolojik bütünlüğünü tehdit eden ya da birey tarafından bu şekilde algılanan olayların, kişinin işlevselliği ve iyilik hâli üzerinde kalıcı olumsuz etkiler yaratmasıyla ilişkili bir kavramdır. Travmanın etkileri bireyin yaşı, gelişimsel özellikleri, travmanın türü, süresi, tekrarlayıcı olup olmaması, sosyal destek kaynakları ve bireysel baş etme mekanizmalarına göre farklılaşabilmektedir (Arı ve ark., 2025; Doğan, 2023). Travmaya maruz kalan her birey madde kullanım bozukluğu geliştirmemektedir (Tuncer ve Şimşek, 2022). Bununla birlikte travmatik deneyimlerin bazı bireylerde madde kullanımına yönelik önemli bir kırılganlık oluşturabileceği bilinmektedir. Travma sonrası yoğun korku, öfke, üzüntü, suçluluk, utanç, bedensel uyarılmışlık ve istenmeyen anılarla baş etmekte güçlük yaşayan bireyler, bu belirtileri geçici olarak azaltmak amacıyla psikoaktif maddelere yönelebilmektedir. Bu durum literatürde zaman zaman maddenin olumsuz duygulanımı azaltan bir baş etme aracı olarak kullanılması üzerinden açıklanmaktadır (Farrugia ve ark., 2011).

Madde kullanımı başlangıçta kısa süreli rahatlama sağlayabilmesine rağmen uzun dönemde bağımlılık, işlev kaybı, ruhsal belirtilerde artış ve sosyal sorunlara neden olabilmektedir (Kargın ve Hiçdurmaz, 2018). Bunun sonucunda birey şiddete maruz kalma, evsizlik, ekonomik kayıp, riskli cinsel davranışlar, suç ve kişilerarası çatışma gibi yeni travmatik deneyimlere daha açık hâle gelebilmektedir. Bu nedenle travma ile madde kullanımı arasında birbirini sürdürebilen döngüsel bir ilişkiden söz etmek mümkündür (Karteper ve Demirbaş, 2025).

Bartholow ve Huffman (2023), madde kullanım bozukluğu hizmetlerinde travmanın yanı sıra damgalama ve yapısal şiddetin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamakta ve travma bilgili paradigma değişiminin hasta deneyimi ile tedavide kalma açısından önem taşıyabileceğini belirtmektedir.

Dolayısıyla bağımlılık tedavisinde bireyin davranışını yalnızca “tedaviye uyumsuzluk”, “motivasyon eksikliği” veya “manipülasyon” gibi ifadelerle açıklamak yerine, söz konusu davranışın travmatik deneyimler, tehdit algısı ve bireyin geliştirdiği hayatta kalma stratejileriyle ilişkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Şen ve ark., 2025).

Travma Bilgili Bakım

Substance Abuse and Mental Health Services Administration'a (SAMHSA, 2014) göre travma bilgili bir sistem; travmanın yaygın etkilerini fark eder, travmanın belirti ve bulgularını tanır, elde edilen bilgiyi politika ve uygulamalara yansıtır ve bireyin yeniden travmatize olmasını önlemeye çalışır. SAMHSA'nın TIP 57 rehberi özellikle davranışsal sağlık ve bağımlılık hizmetlerinde travmanın ruh sağlığı ve madde kullanımıyla ilişkisini ele almakta ve travmaya duyarlı hizmetlerin geliştirilmesine yönelik uygulama ilkeleri sunmaktadır (Madde Bağımlılığı ve Ruh Sağlığı Hizmetleri İdaresi [SAMHSA], 2014)

Travma bilgili bakımın temel ilkeleri arasında güvenlik, güvenilirlik ve şeffaflık, akran desteği, iş birliği, güçlendirme, bireyin söz ve seçim hakkının desteklenmesi ile kültürel ve tarihsel faktörlerin dikkate alınması yer almaktadır (SAMHSA, 2014).

Travma Bilgili Bakımın Temel Bileşenleri

Travma bilgili bakımda güvenlik, güvenilirlik ve şeffaflık, iş birliği ve seçim hakkı ile güçlendirme birbiriyle ilişkili temel bileşenlerdir. Güvenlik yalnızca fiziksel güvenliğin sağlanmasını değil, bireyin bakım ortamında psikolojik olarak da kendisini güvende hissetmesini kapsamaktadır. Özellikle bağımlılık tedavi ortamlarında yüksek sesli iletişim, ani fiziksel temas, mahremiyetin göz ardı edilmesi, açıklama yapılmadan gerçekleştirilen işlemler ve aşırı otoriter yaklaşımlar geçmiş

travmatik yaşantıları olan bireylerde tehdit algısını artırabileceğinden; işlemlerin önceden açıklanması, mahremiyetin korunması, sakin ve yargılamayan bir iletişim kurulması ve çevresel güvenliğin sağlanması önem taşımaktadır (Bartholow ve Huffman, 2021; Kirst ve ark., 2017; Saunders, 2023). Bununla birlikte travmatik yaşantılar bireyin başkalarına yönelik güven duygusunu zedeleyebildiğinden, sağlık profesyonelinin tutarlı ve şeffaf davranması, bakımın amaçlarını ve kurallarını açıklaması, müdahaleler hakkında bireyi bilgilendirmesi ve belirsizliği azaltması terapötik güven ilişkisinin gelişmesini desteklemektedir (Bartholow ve Huffman, 2021; Tompkins ve Neale, 2018). Travmatik deneyimlerde kontrol ve seçim hakkının sıklıkla kısıtlanmış olması nedeniyle travma bilgili bakımda bireyin tedavi sürecine aktif katılımının sağlanması, seçeneklerin birlikte değerlendirilmesi ve kararların mümkün olduğunca ortaklaşa alınması önemlidir (Bartholow ve Huffman, 2021). Bu yaklaşım aynı zamanda bireyin yalnızca sorunlarına ve yetersizliklerine odaklanmak yerine güçlü yönlerini, baş etme becerilerini, geçmiş başarılarını ve sosyal destek kaynaklarını görünür hâle getirerek güçlendirilmesini amaçlamaktadır (Dobischok ve ark.,2024). Böylece madde kullanım bozukluğu olan bireyin bakım sürecinde güvenlik ve kontrol duygusunun yeniden geliştirilmesi, tedaviye katılımının desteklenmesi ve daha iş birlikçi bir terapötik ilişkinin kurulması mümkün olabilmektedir (Ninomiya ve ark., 2023).

Yeniden Travmatizasyonun Önlenmesi

Travma bilgili bakımın temel hedeflerinden biri yeniden travmatizasyonun önlenmesidir (Dobischok ve ark., 2024). Yeniden travmatizasyon, sağlık hizmeti sırasında yaşanan bir durumun bireyin geçmiş travmatik deneyimleriyle ilişkili yoğun duygusal veya fizyolojik tepkileri yeniden ortaya çıkarması olarak değerlendirilebilir (Saunders ve ark., 2023) Özellikle psikiyatri ve bağımlılık hizmetlerinde zorlayıcı uygulamalar, mahremiyetin ihlali, açıklama yapılmadan gerçekleştirilen fiziksel müdahaleler, tehdit edici iletişim, bireyin görüşlerinin tamamen göz ardı edilmesi ve travmatik olayları ayrıntılı biçimde tekrar tekrar anlatmaya zorlanması yeniden travmatizasyon açısından risk oluşturabilir (Brown ve ark., 2013). SAMHSA (2014), travma taraması ve değerlendirmesinin de güvenli bir ortamda ve bireyin hazır oluşluğu göz önüne alınarak gerçekleştirilmesini önermektedir.

Psikiyatri Hemşiresinin Travma Bilgili Bakımdaki Rolü

Psikiyatri hemşireleri, hastalarla sürekli ve yakın etkileşim içinde olmaları nedeniyle travma bilgili bakımın uygulanmasında önemli bir konuma sahiptir. Bu kapsamda hemşireler, bireyin davranışlarını gözlemleyerek aşırı uyarılmışlık, kaçınma, yoğun korku, irritabilite, dissosiyasyon, uyku sorunları ve kişilerarası ilişkilerde güçlük gibi travmayla ilişkili olabilecek belirtileri erken dönemde fark edebilir; bu belirtilerin olası travmatik yaşantılarla ilişkisini dikkate alarak bakım planını düzenleyebilir ve gerektiğinde bireyi uygun uzmana yönlendirebilir (Ayhan ve ark., 2024). Travma bilgili bakımın önemli bir diğer boyutu terapötik ve yargılamayan iletişimdir. Bu nedenle hemşirenin suçlayıcı veya damgalayıcı ifadelerden kaçınması, bireyin davranışlarını sorgulamaktan çok bu davranışların altında yatan gereksinimleri, stresörleri ve tetikleyicileri anlamaya yönelik bir iletişim kurması önem taşımaktadır (Goldstein ve ark., 2024). Bununla birlikte psikiyatri hemşiresi, bireyin bakım hedeflerinin belirlenmesine katılımını desteklemeli, mümkün olan durumlarda seçenekler sunmalı ve bireyin güçlü yönlerini, baş etme becerilerini ve iyileşme kaynaklarını görünür hâle getirerek güçlendirilmesine katkı sağlamalıdır (Ninomiya ve ark., 2023). Hemşirelerin hastayla sürekli etkileşim içinde olması, stres düzeyini artıran kişiler, sesler, fiziksel ortamlar, dokunma, kapalı alanlar veya belirli uygulamalar gibi travmatik tetikleyicilerin erken dönemde belirlenmesini de kolaylaştırabilir. Bu tetikleyicilerin bireyle birlikte tanımlanması ve bakım planına yansıtılması krizlerin önlenmesine katkı sağlayabilirken, kriz geliştiğinde cezalandırıcı yaklaşımlar yerine güvenliğin sağlanması, duygusal düzenlemenin desteklenmesi, seçenek sunulması ve mümkün olduğunca en az kısıtlayıcı müdahalelerin tercih edilmesi önemlidir (Dobischok ve ark., 2024). Ayrıca madde kullanım bozukluğu ile travmanın birlikte bulunması bireyin gereksinimlerini karmaşıklaştırabileceğinden, psikiyatri hemşiresi psikiyatrist, psikolog, sosyal hizmet uzmanı, bağımlılık danışmanı ve diğer sağlık profesyonelleriyle iş birliği içinde bakımın koordinasyonunu sağlamalı; intihar riski, kendine zarar verme, aile içi şiddet, evsizlik veya çocuk koruma gibi durumlarda uygun kurum ve profesyonellere yönlendirme sürecinde aktif rol üstlenmelidir (Mahon, 2024).

Travma Bilgili Bakımın Etkililiğine İlişkin Güncel Kanıtlar

Mahon'un (2025) madde kullanım hizmetlerinde travma bilgili bakımın uygulanmasını değerlendiren sistematik derlemesine 15 çalışma dâhil edilmiştir. Derleme, travma bilgili bakımın madde kullanım hizmetleri açısından umut verici bir yaklaşım olduğunu göstermekle birlikte çalışmalar arasında uygulama modelleri ve metodolojik kalite açısından önemli farklılıkların bulunduğunu ortaya koymuştur.

Nguyen-Feng ve arkadaşlarının (2025) gerçekleştirdiği kapsamlı sistematik derleme ise travma bilgili bakımın tanımlanması ve uygulanmasında önemli heterojenlik bulunduğunu göstermektedir. Yazarlar, mevcut araştırmaların tasarımları ve yanlılık riskleri nedeniyle klinik etkililiğe ilişkin kesin sonuçlara ulaşmanın sınırlı olduğunu belirtmektedir.

Tartışma

Madde kullanım bozukluğu olan bireylerde travmatik yaşantıların yaygınlığı, bağımlılık hizmetlerinin travmaya duyarlı biçimde yapılandırılmasını önemli hâle getirmektedir. Travma, bireyin yalnızca ruhsal belirtilerini değil; sağlık profesyonellerine duyduğu güveni, tedaviye katılımını ve bakım ortamına verdiği tepkileri de etkileyebilmektedir. Bu nedenle travma bilgili bakım, "uyumsuzluk" veya "zor hasta davranışı" olarak değerlendirilebilecek bazı tepkilerin, bireyin geçmiş deneyimleri doğrultusunda geliştirdiği korunma ve baş etme biçimleri olarak yeniden ele alınmasını sağlamaktadır (Bartholow ve Huffman, 2023). Psikiyatri hemşireleri, hastalarla sürekli etkileşim içinde olmaları nedeniyle travmanın davranışsal ve duygusal yansımalarını fark etme, güvenli terapötik ortam oluşturma ve bireyin bakım sürecine katılımını destekleme açısından önemli bir konumdadır (Yang ve ark., 2026). Bununla birlikte travma bilgili bakımın yalnızca bireysel hemşirelik uygulamalarıyla sınırlı kalmaması; kurum politikaları, kriz müdahaleleri, mahremiyet uygulamaları, çalışanların kullandığı dil ve hasta katılımını destekleyen süreçlerin de bu yaklaşımla uyumlu hâle getirilmesi gerekmektedir. Güncel çalışmalar, travma bilgili bakımın bağımlılık hizmetlerinde umut verici bir yaklaşım olduğunu göstermekle birlikte, uygulamaların ve klinik sonuçların heterojen olması nedeniyle daha güçlü araştırmalara ihtiyaç bulunduğunu ortaya koymaktadır (Mahon 2025; Nguyen-Feng ve ark., 2025). Bu doğrultuda, Türkiye'de travma bilgili bakımın bağımlılık tedavi hizmetlerine entegrasyonunu ve hasta sonuçları üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmaların artırılması önem taşımaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Travmatik yaşantılar ile madde kullanım bozuklukları arasında çift yönlü ve karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Travma madde kullanımının başlaması ve sürdürülmesine katkıda bulunabilirken, madde kullanımına bağlı yaşam koşulları bireyin yeni travmatik deneyimlerle karşılaşma riskini artırabilmektedir (Bartholow ve Huffman, 2023; Dobischok ve ark., 2024; Tuncer ve Şimşek, 2022).

Bu nedenle bağımlılık hizmetlerinde yalnızca madde kullanım davranışına odaklanılması yeterli değildir (SAMHSA, 2014). Bireyin geçmiş yaşantıları, güvenlik algısı, baş etme biçimleri ve tedavi ortamında karşılaşabileceği tetikleyiciler de değerlendirilmelidir.

Travma bilgili bakım; güvenlik, güvenilirlik, iş birliği, seçim hakkı, güçlendirme ve yeniden travmatizasyonun önlenmesi ilkeleri doğrultusunda madde kullanım bozukluğu bulunan bireylere daha güvenli ve birey merkezli hizmet sunulmasına katkı sağlayabilecek bir yaklaşımdır.

Kaynakça

Arı, F. A., Dolu, F. N., & Arı, R. (2025). Erken dönem olumsuz yaşantılar ve davranış. *Uluslararası Psiko-Sosyal Eğitim Araştırmaları Dergisi*, *5*(9), 377–389. https://doi.org/10.5281/zenodo.18043685

Bartholow, L. A. M., & Huffman, R. T. (2023). The necessity of a trauma-informed paradigm in substance use disorder services. *Journal of the American Psychiatric Nurses Association*, *29*(6), 470–476. https://doi.org/10.1177/10783903211036496

Brown, V., Harris, M., & Fallot, R. (2013). Moving toward trauma-informed practice in addiction treatment: A collaborative model of agency assessment. *Journal of Psychoactive Drugs*, *45*(5), 386–393. https://doi.org/10.1080/02791072.2013.844381

Dobischok, S., Archambault, L., & Goyer, M.-É. (2024). Trauma Informed Care (TIC) interventions for populations experiencing addiction and/or homelessness: A scoping review of outcomes. *Journal of Drug Issues*, *56*(1), 35–58. https://doi.org/10.1177/00220426241263264

Doğan, M. (2023). Psikolojik sağlamlık ile travma sonrası gelişim arasındaki ilişkide dinî başa çıkmanın aracı rolü. *Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, *65*(65), 127–162. https://doi.org/10.15370/maruifd.1384192

Farrugia, P. L., Mills, K. L., Barrett, E., Back, S. E., Teesson, M., Baker, A., Sannibale, C., Hopwood, S., Rosenfeld, J., Merz, S., & Brady, K. T. (2011). Childhood trauma among individuals with co-morbid substance use and post traumatic stress disorder. *Mental Health and Substance Use: Dual Diagnosis*, *4*(4), 314–326. https://doi.org/10.1080/17523281.2011.598461

Goldstein, E., Chokshi, B., Melendez-Torres, G. J., Rios, A., Jelley, M., & Lewis-O'Connor, A. (2024). Effectiveness of trauma-informed care implementation in health care settings: Systematic review of reviews and realist synthesis. *The Permanente Journal*, *28*(1), 135–150. https://doi.org/10.7812/TPP/23.127

Kargın, M., & Hiçdurmaz, D. (2018). Madde kullanım bozukluğu olan bireylerde sosyal işlevsellik, algılanan esenlik ve stresle başa çıkma. *Bağımlılık Dergisi*, *19*(2), 35–39.

Karteper, I., & Demirbaş, E. (2025). Dezavantajlı bireylerde madde kullanımı ve madde kullanımı ile mücadelede iyi uygulama örnekleri. *Ufkun Ötesi Bilim Dergisi*, *25*(1), 1–28. https://doi.org/10.54961/uobild.1529583

Kirst, M., Aery, A., Matheson, F., & Stergiopoulos, V. (2017). Provider and consumer perceptions of trauma informed practices and services for substance use and mental health problems. *International Journal of Mental Health and Addiction*, *15*(3), 514–528. https://doi.org/10.1007/s11469-016-9693-z

Madde Bağımlılığı ve Ruh Sağlığı Hizmetleri İdaresi. (2014). *SAMHSA's concept of trauma and guidance for a trauma-informed approach* (Yayın No. SMA 14-4884). ABD Sağlık ve İnsani Hizmetler Bakanlığı. https://ncsacw.samhsa.gov/userfiles/files/SAMHSA_Trauma.pdf

Mahon, D. (2025). A systematic review of trauma informed care in substance use settings. *Community Mental Health Journal*, *61*(4), 734–753. https://doi.org/10.1007/s10597-024-01395-z

Nguyen-Feng, V. N., Ramirez, M., Behrens, K. L., Usset, T., Claussen, A. M., Parikh, R. R., Lee, E. K., Mendenhall, T., Wilt, T. J., & Butler, M. (2025). *Trauma informed care: A systematic review*. Agency for Healthcare Research and Quality. https://doi.org/10.23970/AHRQEPCSRTRAUMA

Ninomiya, M. M. E., Almomani, Y., Winsor, K. D., Burns, N., Harding, K. D., Ropson, M., Chaves, D., & Wolfson, L. (2023). Supporting pregnant and parenting women who use alcohol during pregnancy: A scoping review of trauma-informed approaches. *Women's Health*, *19*, 1–18. https://doi.org/10.1177/17455057221148304

Rakovski, C., Lalli, M., Gu, J., Hobson, M., Wollenhaupt-Aguiar, B., Minuzzi, L., Kapczinski, F., de Azevedo Cardoso, T., & Frey, B. N. (2024). Childhood maltreatment as a predictor of substance use/misuse among youth: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *166*, Makale 105873. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105873

Saunders, K., McGuinness, E., Barnett, P., Foye, U., Sears, J., Carlisle, S., Allman, F., Tzouvara, V., Schlief, M., Griffiths, J., Juan, V. S. N., Stuart, R., Appleton, R., McCrone, P., Olive, R. R., Nyikavaranda, P., Jeynes, T., Mitchell, L., Simpson, A., . . . Trevillion, K. (2023). A scoping review of trauma informed approaches in acute, crisis, emergency, and residential mental health care. *BMC Psychiatry*, *23*, Makale 524. https://doi.org/10.1186/s12888-023-05016-z

Şen, Z. Ş., Danış, M. Z., & Kutlu, İ. (2025). Madde bağımlılığı ve farkındalık terapisi: Tedavi yöntemleri ve örnek sosyal hizmet uygulaması. *International Journal of Social Inquiry*, *18*(1), 196–211. https://doi.org/10.37093/ijsi.1650018

Stocchero, B. A., Rothmann, L. M., Portolan, E. T., Lopes, T. G., Ferraz-Rodrigues, C., Garcia, M. G., Narvaez, J. C. M., Grassi-Oliveira, R., & Viola, T. W. (2024). The consequences of childhood maltreatment on dual-diagnosis psychiatric conditions and clinical outcomes in substance use disorders: A systematic review and meta-analysis. *Child Abuse & Neglect*, *158*, Makale 107085. https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2024.107085

Substance Abuse and Mental Health Services Administration. (2014). *Trauma-informed care in behavioral health services* (Treatment Improvement Protocol Series 57, HHS Publication No. SMA 14-4816). U.S. Department of Health and Human Services.

Tompkins, C. N. E., & Neale, J. (2018). Delivering trauma-informed treatment in a women-only residential rehabilitation service: Qualitative study. *Drugs: Education, Prevention and Policy*, *25*(1), 47–55. https://doi.org/10.1080/09687637.2016.1235135

Tuncer, S. B., & Şimşek, Z. (2022). Travmatik yaşantıların bağımlılık tedavi sürecine etkisi. *Bağımlılık Dergisi*, *23*(3), 308–315. https://doi.org/10.51982/bagimli.970327

Volkow, N., & Blanco, C. (2023). Substance use disorders: A comprehensive update of classification, epidemiology, neurobiology, clinical aspects, treatment and prevention. *World Psychiatry*, *22*(2), 203–229. https://doi.org/10.1002/wps.21073

Yang, J., Wang, Y., Zhi, T., & Chen, F. (2026). Nurses' knowledge, attitudes, and practices regarding trauma-informed care: A scoping review. *International Journal of Mental Health Nursing*, *35*(1), e70225. https://doi.org/10.1111/inm.70225

Yazici, A. B., & Bardakçı, M. R. (2023). Factors associated with relapses in alcohol and substance use disorder. *The Eurasian Journal of Medicine*, *55*(S1), S75–S81. https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2023.23335

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂNIN PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNDE KULLANIMI: TERAPÖTİK İLİŞKİ, ETİK RİSKLER VE YENİ HEMŞİRELİK ROLLERİ

Feyza ACAR[1] / Dr.Öğr. Üyesi Fatma İlknur UZUN[2]/ Prof. Dr. Nezihe Bulut UĞURLU[3]/ Dr. Güllü YAZKAN[4]

[1]**Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi AMATEM Polikliniği, afeyza.acar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3808-6260**

[2]**Biruni Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği,** fuzun@biruni.edu.tr**, ORCID ID:** 0000-0002-7039-4063

[3]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Muğla, nugurlu@mu.edu.tr**, ORCID ID: 0000-0003-2860-1169**

[4]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Muğla, gulluyazkan@gmail.com **ORCID ID:**0000-0002-7103-4625

Özet

Üretken yapay zekâ teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, sağlık hizmetlerinin sunumunu ve sağlık profesyonellerinin rollerini önemli ölçüde dönüştürmektedir. Ruh sağlığı alanında üretken yapay zekâ; hasta eğitimi, klinik dokümantasyon, semptom takibi, klinik karar desteği, hemşirelik eğitimi ve bilimsel araştırma gibi birçok alanda kullanım potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte psikiyatri hemşireliğinin terapötik iletişim, empati, kişilerarası etkileşim ve bireye özgü bakım temeline dayanması, yapay zekâ kullanımını özel etik ve mesleki sorunlarla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu derlemenin amacı, üretken yapay zekânın psikiyatri hemşireliğindeki olası kullanım alanlarını, terapötik ilişki üzerindeki etkilerini, etik risklerini ve gelecekte ortaya çıkabilecek yeni hemşirelik rollerini güncel literatür doğrultusunda değerlendirmektir. Üretken yapay zekâ; bilgiye erişimi hızlandırma, hasta eğitimini bireyselleştirme, klinik ve idari iş yükünü azaltma ve karar süreçlerini destekleme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Buna karşılık yanlış veya yanıltıcı bilgi üretimi, algoritmik yanlılık, mahremiyet, veri güvenliği, otomasyon yanlılığı, dijital eşitsizlik ve hesap verebilirlik önemli risk alanlarıdır. Ruh sağlığı hizmetlerinde ayrıca yapay zekâya aşırı güvenin terapötik ilişkinin insani boyutunu zayıflatması ve kriz durumlarında klinik değerlendirmenin yetersiz kalması riski bulunmaktadır. Bu bağlamda psikiyatri hemşiresinin rolü, yapay zekâ çıktısını yalnızca kullanan değil; eleştirel biçimde değerlendiren, doğrulayan, bireysel gereksinimlere uyarlayan ve etik sınırları gözeten bir profesyonel olarak genişlemektedir. Sonuç olarak üretken yapay zekâ, psikiyatri hemşiresinin yerine geçen bir yapı değil, insan denetimi altında klinik karar ve bakım kapasitesini destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: üretken yapay zekâ, psikiyatri hemşireliği, ruh sağlığı, terapötik ilişki, etik, dijital sağlık

THE USE OF GENERATİVE ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN PSYCHİATRİC NURSİNG: THERAPEUTİC RELATİONSHİPS, ETHİCAL RİSKS, AND EMERGİNG NURSİNG ROLES

Abstract

Rapid advances in generative artificial intelligence are transforming healthcare delivery and reshaping the roles of healthcare professionals. In mental health care, generative artificial intelligence has potential applications in patient education, clinical documentation, symptom monitoring, clinical decision support, nursing education, and scientific research. However, because psychiatric nursing is fundamentally grounded in therapeutic communication, empathy, interpersonal interaction, and individualized care, the use of artificial intelligence raises distinctive ethical and professional concerns. This review aims to evaluate the potential applications of generative artificial intelligence in psychiatric nursing, its possible effects on therapeutic relationships, associated ethical risks, and emerging nursing roles in light of current literature. Generative artificial intelligence offers several opportunities, including rapid access to information, personalization of patient education, reduction of clinical and administrative workload, and support for healthcare decision-making. Nevertheless, important risks include the generation of inaccurate or misleading information, algorithmic bias, privacy concerns, data security, automation bias, digital inequities, and uncertainty regarding professional accountability. In mental health services, excessive reliance on artificial intelligence may also weaken the human dimension of therapeutic relationships and may be insufficient for complex clinical assessment, particularly during crisis situations. Within this context, the role of psychiatric nurses is expected to expand beyond simply using artificial intelligence tools. Nurses will increasingly be required to critically evaluate and verify AI-generated information, contextualize outputs according to individual patient needs, maintain professional judgement, and ensure compliance with ethical principles. In conclusion, generative artificial intelligence should not replace psychiatric nurses but should be used as a complementary tool that supports clinical judgement and nursing care under meaningful human oversight. Developing artificial intelligence literacy, data ethics awareness, and digital competencies among psychiatric nurses will therefore be essential for future mental health practice.

Keywords: generative artificial intelligence, psychiatric nursing, mental health, therapeutic relationship, ethics, digital health

Giriş

Yapay zekâ, sağlık hizmetlerinde klinik karar verme, risk belirleme, hasta izleme, eğitim, yönetim ve araştırma süreçlerinde giderek daha görünür hâle gelmektedir (Guo ve ark., 2024). https://doi.org/10.2196/57400. Son yıllarda bu dönüşümün en dikkat çekici boyutlarından biri, büyük dil modelleri ve büyük çok modlu modeller gibi üretken yapay zekâ sistemlerinin yaygınlaşmasıdır. Üretken yapay zekâ, öğrenilmiş veri örüntülerinden yararlanarak metin, görüntü, ses veya farklı türlerde yeni içerikler üretebilen yapay zekâ uygulamalarını ifade etmektedir (Lawrence ve ark., 2024). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), bu sistemlerin klinik bakım, hasta odaklı kullanım, idari süreçler, sağlık profesyonellerinin eğitimi ve bilimsel araştırma gibi alanlarda önemli potansiyel taşıdığını belirtmektedir (World Health Organization [WHO], 2024).

Hemşirelik bakımında yapay zekânın kullanımı yalnızca teknolojik bir yenilik olarak değerlendirilmemelidir. Çünkü hemşirelik; klinik karar vermenin yanı sıra bakım verme, savunuculuk, etik sorumluluk, iletişim, empati ve bireyin bütüncül değerlendirilmesini içeren insan merkezli bir meslektir (Jin ve ark., 2024). O'Connor ve arkadaşlarının (2023) sistematik derlemesinde yapay zekâ uygulamalarının hemşirelik ve ebelikte özellikle doğrudan hasta bakımı alanında yoğunlaştığı; buna karşın hemşirelerin yapay zekânın tasarım ve geliştirme süreçlerine katılımının sınırlı olduğu bildirilmiştir.

Üretken yapay zekâ açısından benzer bir durum söz konusudur. Park, Kim ve Go'nun (2024) hemşirelik alanındaki kapsam incelemesinde üretken yapay zekâ çalışmalarının eğitim, klinik uygulama ve araştırma alanlarına yayıldığı, ancak alanın henüz gelişiminin erken aşamalarında bulunduğu belirtilmektedir. İncelemeye alınan çalışmaların önemli bölümünün 2024 yılında yayımlanmış olması da konunun ne kadar yeni ve hızlı gelişen bir alan olduğunu göstermektedir (Haltaufderheide ve Ranisch, 2024; Jin ve ark., 2024; Lawrence ve ark., 2024; Park ve ark., 2024)

Bu gelişmeler psikiyatri hemşireliği açısından daha özgün sorular ortaya çıkarmaktadır. Psikiyatri hemşireliği uygulamasında bireyin sözel ve sözel olmayan ifadelerinin değerlendirilmesi, terapötik iletişimin sürdürülmesi, güven ilişkisinin kurulması, kriz ve intihar riskinin değerlendirilmesi ve bireyin yaşantısının bağlamsal olarak anlaşılması temel öneme sahiptir (Yılmaz, 2021). Bu nedenle ruh sağlığı alanında yapay zekânın kullanımı yalnızca “ne kadar başarılı olduğu”

üzerinden değil, "hangi görevlerde, hangi sınırlar içinde ve kimin denetiminde kullanılabileceği" üzerinden değerlendirilmelidir (Haltaufderheide ve Ranisch, 2024; Jin ve ark., 2024).

Bu derlemenin amacı, üretken yapay zekânın psikiyatri hemşireliğindeki olası kullanım alanlarını, terapötik ilişkiye etkilerini, etik risklerini ve bu teknolojilerin yaygınlaşmasıyla ortaya çıkabilecek yeni psikiyatri hemşireliği rollerini güncel literatür doğrultusunda tartışmaktır.

Yöntem

Bu çalışma literatür derlemesi niteliğindedir. Üretken yapay zekâ, büyük dil modelleri, ruh sağlığı, psikiyatri, hemşirelik, terapötik ilişki ve yapay zekâ etiği ile ilişkili güncel uluslararası rehber ve hakemli yayınlar incelenmiş; elde edilen bilgiler psikiyatri hemşireliği perspektifinden kavramsal olarak değerlendirilmiştir. Çalışma, güncel literatürde öne çıkan kullanım alanları, fırsatlar, riskler ve mesleki rol değişimlerini bütüncül biçimde tartışmayı amaçlamaktadır.

Üretken Yapay Zekânın Psikiyatri Hemşireliğinde Kullanım Alanları

Hasta Eğitimi ve Psikoeğitim

Psikiyatri hemşirelerinin temel rollerinden biri, birey ve ailesine hastalık, tedavi, ilaç kullanımı, belirtilerin yönetimi, öz bakım, sağlıklı yaşam davranışları ve nüksün önlenmesi konusunda eğitim vermektir (Beşoluk ve Önder, 2010). Üretken yapay zekâ sistemleri, karmaşık sağlık bilgilerinin bireyin eğitim düzeyine ve sağlık okuryazarlığına uygun şekilde sadeleştirilmesine, eğitim materyallerinin hazırlanmasına ve çok sayıda bilgiden kısa özetler oluşturulmasına yardımcı olabilir (Higgins, ve ark., 2023; Lawrence ve ark., 2024).

Ancak yapay zekâ tarafından üretilen sağlık bilgilerinin doğrudan hastaya aktarılması uygun değildir. Büyük dil modellerinin doğru görünen ancak gerçekte yanlış ya da eksik bilgiler üretebildiği bilinmektedir. Ruh sağlığı alanındaki sistematik bir derlemede de büyük dil modellerinin erişilebilir hizmet sunma potansiyeline karşın yanlış içerik, tutarsızlık, "halüsinasyon", mahremiyet sorunları ve klinik kullanım açısından yeterince gelişmemiş etik çerçeveler gibi önemli sorunlar taşıdığı belirtilmiştir (Guo ve ark., 2024; Meadi ve ark., 2025).

Bu nedenle psikiyatri hemşiresi tarafından kullanılacak temel yaklaşım "üret–doğrula–uyarla–aktar" şeklinde olmalıdır. Başka bir ifadeyle yapay zekâ içeriği hazırlayabilir; ancak bilginin klinik doğruluğu, güvenilirliği ve bireye uygunluğu hemşire tarafından değerlendirilmelidir (Guo ve ark., 2024; Woo ve ark., 2025).

Klinik Dokümantasyon

Psikiyatri hemşireliği uygulamalarında gözlem ve görüşmelerin kaydedilmesi, hemşirelik bakım planlarının oluşturulması ve klinik kayıtların sürdürülmesi önemli zaman gerektirmektedir (Sabancıoğulları ve ark., 2014). Üretken yapay zekâ, yapılandırılmış veya anonimleştirilmiş bilgilerden taslak klinik notların oluşturulması, uzun metinlerin özetlenmesi ve dokümantasyon dilinin standardize edilmesinde yardımcı olabilir (Jin ve ark., 2024).

DSÖ de üretken yapay zekânın elektronik sağlık kayıtlarında görüşmelerin özetlenmesi ve diğer idari görevlerde kullanılmasını olası uygulama alanlarından biri olarak tanımlamaktadır (Hayran, 2025). Bununla birlikte psikiyatri kayıtları yüksek derecede hassas kişisel veri içermektedir. Travma öyküsü, madde kullanımı, intihar düşüncesi, aile ilişkileri, cinsel yaşam, adli öykü ve psikiyatrik belirtiler gibi bilgilerin açık ve güvenliği doğrulanmamış üretken yapay zekâ sistemlerine girilmesi ciddi mahremiyet ve veri güvenliği sorunları yaratabilir. Dolayısıyla hastaya ait tanımlayıcı verilerin kurum tarafından onaylanmamış sistemlere aktarılmaması temel ilke olmalıdır (Ghnemat ve Saleh, 2026; Jin ve ark., 2024).

Semptom Takibi ve Erken Risk Belirleme

Doğal dil işleme teknolojileri bireylerin yazılı ifadelerinde duygu durumu, düşünce içeriği veya davranışsal örüntüler hakkında ipuçları belirleme potansiyeline sahiptir (Omar ve ark., 2024). Guo ve arkadaşlarının (2024) ruh sağlığında büyük dil modellerini inceleyen sistematik derlemesinde değerlendirilen çalışmaların önemli bölümünün ruhsal bozuklukların ve intihar düşüncesinin metin analizi yoluyla belirlenmesine odaklandığı bildirilmiştir. Bu özellikler gelecekte psikiyatri hemşireliği açısından semptom değişiminin izlenmesi, görüşme metinlerinden risk göstergelerinin belirlenmesi veya taburculuk sonrası dijital izlemin desteklenmesi gibi kullanım alanları oluşturabilir.

Ancak intihar, kendine zarar verme, psikotik belirtiler, mani, ağır depresyon, şiddet riski ve akut kriz gibi durumlarda yapay zekâ değerlendirmesi tek başına klinik kararın temeli olamaz. Risk değerlendirmesi; bireyin öyküsü, mevcut ruhsal durumu,

davranışları, çevresel koşulları ve klinik gözlemin birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Hua ve ark., 2025; Jin ve ark., 2024. Omar ve ark., 2024).

Klinik Karar Desteği

Yapay zekâ sistemleri büyük miktardaki klinik veriyi hızlı biçimde işleyebildiği için hemşirelerin karar süreçlerini destekleme potansiyeline sahiptir. Hemşirelikte yapay zekânın klinik karar verme üzerindeki etkisini inceleyen güncel bir şemsiye derlemede, teknolojilerin karar süreçlerini geliştirme potansiyeli bulunduğu ancak gerçek yaşam klinik uygulamalarındaki kanıtların hâlen sınırlı olduğu; algoritmik yanlılık, yeniden üretilebilirlik, şeffaflık ve veri mahremiyeti sorunlarının devam ettiği bildirilmiştir (Cant, Ryan, ve Chugh, 2026).

Ancak yapay zekâ çıktısı bir öneri veya ikinci görüş kaynağı olarak ele alınmalı; profesyonel klinik kararın yerine geçirilmemelidir (Jin ve ark., 2024).

Etik Riskler

Üretken yapay zekânın psikiyatri hemşireliğinde kullanımı önemli fırsatlar sunmakla birlikte hasta güvenliği, mahremiyet, eşitlik ve profesyonel sorumluluk açısından çeşitli etik riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu risklerin başında, yapay zekâ sistemlerinin gerçeğe uygun ve ikna edici bir dil kullanmasına rağmen yanlış, eksik veya yanıltıcı bilgiler üretebilmesi gelmektedir (Hua ve ark., 2025; Jin ve ark., 2024.) Özellikle sağlık alanında yanlış tedavi önerileri, hatalı ilaç bilgileri veya uygun olmayan klinik değerlendirmeler hasta güvenliği açısından ciddi sonuçlara yol açabilir. Psikiyatride büyük dil modellerinin kullanımını inceleyen çalışmalar; yanlış bilgi üretimi, halüsinasyon, algoritmik önyargı ve açıklanabilirlik sorunlarının klinik uygulamanın önemli sınırlılıkları arasında bulunduğunu göstermektedir (Volkmer ve ark., 2024). Bunun yanı sıra, ruh sağlığı hizmetlerinde işlenen verilerin psikiyatrik tanı, travma öyküsü, madde kullanımı, intihar düşüncesi ve kişilerarası ilişkiler gibi son derece hassas bilgiler içermesi mahremiyet ve veri güvenliğini kritik hâle getirmektedir (Omar ve ark., 2024). Hasta bilgilerinin nasıl saklandığı, işlendiği veya model geliştirme amacıyla kullanılıp kullanılmadığı bilinmeyen yapay zekâ sistemlerine aktarılması etik açıdan önemli sorunlar oluşturabilir (Ghnemat ve Saleh, 2026). Dünya Sağlık Örgütü, sağlık alanında yapay zekânın geliştirilmesi ve kullanılmasında insan özerkliğinin korunması, güvenliğin sağlanması, şeffaflık, açıklanabilirlik, hesap verebilirlik, kapsayıcılık ve eşitlik ilkelerinin temel alınması gerektiğini vurgulamaktadır (World Health Organization [WHO], 2021). Bir diğer önemli risk algoritmik yanlılıktır. Yapay zekâ modellerinin büyük ölçüde mevcut veriler üzerinden eğitilmesi, eğitim verilerinde bulunan toplumsal ve kültürel önyargıların sistem tarafından yeniden üretilmesine neden olabilmektedir. Ruhsal belirtilerin ifade edilme biçiminin kültür, yaş, dil, toplumsal koşullar ve sosyoekonomik özelliklere göre farklılaşabildiği düşünüldüğünde bu sorun psikiyatri hizmetleri açısından özel önem taşımaktadır (Guo ve ark., 2024; Haltaufderheide ve Ranisch, 2024; Jung, 2025). DSÖ'nün üretken yapay zekâ ve büyük çok modlu modellere ilişkin güncel rehberi de modellerde kullanılan verilerin yanlı veya yetersiz olabileceğini ve yapay zekâ sistemlerinin farklı kullanıcı grupları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir (WHO, 2024).

Yapay zekânın klinik süreçlere entegrasyonunda dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ise sağlık profesyonelinin teknolojinin önerilerine aşırı güvenmesi ve kendi klinik değerlendirmesini ikinci plana atmasıdır (Hua ve ark., 2025; Jin ve ark., 2024; Volkmer ve ark., 2024). Üretken yapay zekâ sistemlerinin yanıtlarını akıcı, tutarlı ve kendinden emin bir dil ile sunabilmesi, hatalı bir çıktının dahi doğruymuş gibi algılanmasına neden olabilir. Hemşirelik alanındaki güncel sistematik derlemelerde yapay zekâ kullanımının hasta özerkliği, veri mahremiyeti, algoritmik yanlılık, profesyonel sorumluluk ve hesap verebilirlik açısından önemli etik ve düzenleyici sorunlar oluşturduğu bildirilmektedir (Badawy ve ark., 2025; Mohammed ve ark., 2025). Bu nedenle psikiyatri hemşiresinin yapay zekâ tarafından üretilen çıktıları doğrudan kabul etmek yerine bilimsel kanıt, klinik gözlem ve bireyin özgün gereksinimleri doğrultusunda eleştirel biçimde değerlendirmesi gerekmektedir.

Hesap verebilirlik de bu süreçte önemli bir sorun alanıdır; yapay zekâ tarafından oluşturulan hatalı bir önerinin klinik uygulamada kullanılması sonucunda hastanın zarar görmesi durumunda yazılım geliştiricinin, sağlık kurumunun veya sistemi kullanan sağlık profesyonelinin sorumluluk sınırlarının her durumda açık olmaması etik ve hukuki belirsizlik yaratmaktadır (Jung, 2025). Bu durum, özellikle intihar ve kendine zarar verme riski, psikoz, şiddet riski veya diğer psikiyatrik krizler gibi yüksek riskli klinik durumlarda yapay zekânın otonom bir karar verici olarak değil, profesyonel değerlendirmeyi destekleyen bir araç olarak kullanılmasını gerekli kılmaktadır (Yonatan-Leus ve Brukner, 2024).

Son olarak dijital cihazlara, internete, yapay zekâ uygulamalarına ve dijital sağlık okuryazarlığına erişimin toplumun bütün kesimlerinde eşit olmaması, üretken yapay zekânın ruh sağlığı hizmetlerinde yeni bir eşitsizlik alanı oluşturabilmesine

neden olabilir. Bu nedenle yapay zekânın psikiyatri hemşireliğine entegrasyonu yalnızca teknolojik yeterlilik temelinde değil; hasta güvenliği, insan özerkliği, mahremiyet, adalet, eşitlik ve profesyonel hesap verebilirlik ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirilmelidir (WHO, 2021, 2024).

Üretken Yapay Zekâ ile Ortaya Çıkabilecek Yeni Psikiyatri Hemşireliği Rolleri

Yapay Zekâ Çıktısını Doğrulayan Klinisyen

Gelecekte psikiyatri hemşiresinin önemli görevlerinden biri, yapay zekâ tarafından oluşturulan bilgiyi eleştirel olarak incelemek olacaktır. Hemşire çıktının güncelliğini, kanıta dayalı olup olmadığını, bireyin klinik durumuna uygunluğunu ve hasta açısından risk oluşturup oluşturmadığını değerlendirmelidir (Haltaufderheide ve Ranisch, 2024; Jin ve ark., 2024).

Yapay Zekâ Etik Savunucusu

Badawy, Zinhom ve Shaban'ın (2025) sistematik derlemesi de yapay zekânın hemşirelik bakımına entegrasyonunda mahremiyet, hesap verebilirlik, bilgilendirilmiş onam ve insan merkezli bakımın korunmasını temel etik konular arasında göstermektedir.

İnsan–Yapay Zekâ Bakım Koordinatörü

Geleceğin sağlık sisteminde psikiyatri hemşiresinin görevi yalnızca teknolojiyi kullanmak değil, teknolojinin bakım sürecindeki uygun yerini belirlemek olabilir. Hangi durumda yapay zekâ aracının kullanılabileceği, hangi durumda insan değerlendirmesine geçilmesi gerektiği ve yapay zekâ çıktısının bireysel bakım planıyla nasıl bütünleştirileceği yeni bir klinik yetkinlik alanı oluşturabilir (Ghnemat ve Saleh,2026).

Yapay Zekâ Sistemlerinin Geliştirilmesine Katılan Hemşire

Güncel hemşirelik literatürü, yapay zekâ sistemlerinin tasarım ve geliştirme süreçlerine hemşirelerin daha fazla katılması gerektiğine işaret etmektedir. Cant ve arkadaşlarının (2026) değerlendirmesi de hemşirelerin yapay zekâ teknolojilerinin tasarımında merkezi rol almasının, geliştirilen sistemlerin gerçek klinik bakım gereksinimlerine uygunluğu açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Tartışma

Üretken yapay zekâ psikiyatri hemşireliği açısından iki yönlü bir dönüşüm yaratmaktadır. Bir taraftan bilgiye erişim, eğitim materyali hazırlama, dokümantasyon ve karar desteği gibi alanlarda hemşirenin iş yükünü azaltabilecek önemli fırsatlar sunmaktadır. Diğer taraftan psikiyatri hemşireliğinin temelini oluşturan terapötik ilişki, mahremiyet ve bireye özgü değerlendirme gibi alanlarda yeni riskler ortaya çıkarmaktadır (Han ve ark.,2026; Tuncer ve Duman, 2025).

Literatürdeki ortak eğilim yapay zekânın hemşire veya ruh sağlığı profesyonelinin yerini alması gerektiği yönünde değildir. Aksine teknolojinin profesyonel klinik yargıyı destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak konumlandırılması gerektiği görülmektedir (Jung, 2025). Ruh sağlığına yönelik büyük dil modellerini inceleyen sistematik derlemelerde de modellerin tarama, erişilebilirlik ve dijital destek açısından potansiyel taşıdığı; ancak güvenilirlik, halüsinasyon, açıklanabilirlik, etik standartlar ve klinik doğrulama açısından önemli sınırlılıkların devam ettiği bildirilmektedir (Hua ve ark., 2025; Wang ve ark., 2024). Bu anlamda insan denetimi temel ilke olmalıdır (Milasan ve Scott-Purdy, 2025).

Sonuç ve Öneriler

Üretken yapay zekâ, psikiyatri hemşireliği uygulamalarını önemli ölçüde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Hasta eğitiminin bireyselleştirilmesi, klinik dokümantasyonun kolaylaştırılması, bilgiye erişimin hızlandırılması, semptom takibi, klinik karar desteği, hemşirelik eğitimi ve bilimsel araştırma süreçlerinde önemli katkılar sağlayabilir.

Bununla birlikte yapay zekânın yanlış bilgi üretmesi, algoritmik yanlılık, hasta mahremiyetinin ihlali, veri güvenliği, otomasyon yanlılığı, dijital eşitsizlik, açıklanabilirlik ve profesyonel sorumluluğun belirsizleşmesi gibi riskler göz ardı edilmemelidir. Bu riskler ruh sağlığı alanında terapötik ilişkinin özgün yapısı ve hizmet verilen bireylerin kırılganlığı nedeniyle daha da önem kazanmaktadır.

Kaynakça

Badawy, W., Zinhom, H., & Shaban, M. (2025). Navigating ethical considerations in the use of artificial intelligence for patient care: A systematic review. *International Nursing Review, 72*(3), e13059. https://doi.org/10.1111/inr.13059

Beşoluk, Ş., & Önder, İ. (2010). Öğretmen adaylarının öğrenme yaklaşımları, öğrenme stilleri ve eleştirel düşünme eğilimlerinin incelenmesi. *İlköğretim Online, 9*(2), 679–693.

Cant, R., Ryan, C., & Chugh, R. (2026). Artificial intelligence technologies in nursing clinical decision-making: An umbrella review. *Journal of Advanced Nursing*. Advance online publication. https://doi.org/10.1111/jan.70579

Ghnemat, R., & Saleh, A. (2026). Large language models for clinical artificial intelligence in healthcare: A systematic review. *Discover Artificial Intelligence, 6*. https://doi.org/10.1007/s44163-025-00784-x

Guo, Z., Lai, A., Thygesen, J. H., Farrington, J., Keen, T., & Li, K. (2024). Large language models for mental health applications: Systematic review. *JMIR Mental Health, 11*, e57400. https://doi.org/10.2196/57400

Haltaufderheide, J., & Ranisch, R. (2024). The ethics of ChatGPT in medicine and healthcare: A systematic review on large language models (LLMs). *npj Digital Medicine, 7*. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01157-x

Han, G., Choi, H.-J., & Son, Y.-J. (2026). Advantages and challenges for utilization of generative artificial intelligence in clinical nursing practice: An integrative review. *BMC Nursing, 25*. https://doi.org/10.1186/s12912-026-04518-x

Hayran, O. (2025). Üretken yapay zeka: Sağlık hizmetlerinde kullanımı, üstün ve zayıf yanları. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research, 9*(2), 51–61.

Higgins, O., Short, B. L., Chalup, S. K., & Wilson, R. (2023). Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) based decision support systems in mental health: An integrative review. *International Journal of Mental Health Nursing*. https://doi.org/10.1111/inm.13114

Hua, Y., Na, H., Li, Z., Liu, F., Fang, X., Clifton, D. A., & Torous, J. (2025). A scoping review of large language models for generative tasks in mental health care. *npj Digital Medicine, 8*. https://doi.org/10.1038/s41746-025-01611-

Jin, Y., Liu, J., Li, P., Wang, B., Yan, Y., Zhang, H., Ni, C., Wang, J., Li, Y., Bu, Y., & Wang, Y. (2024). The applications of large language models in mental health: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research, 27*. https://doi.org/10.2196/69284

Jung, K. (2025). Large language models in medicine: Clinical applications, technical challenges, and ethical considerations. *Healthcare Informatics Research, 31*, 114–124. https://doi.org/10.4258/hir.2025.31.2.114

Lawrence, H. R., Schneider, R. A., Rubin, S., Mataric, M. J., McDuff, D., & Bell, M. J. (2024). The opportunities and risks of large language models in mental health. *JMIR Mental Health, 11*. https://doi.org/10.2196/59479

Meadi, M. R., Sillekens, T., Metselaar, S., Van Balkom, A., Bernstein, J., & Batelaan, N. (2025). Exploring the ethical challenges of conversational AI in mental health care: Scoping review. *JMIR Mental Health, 12*. https://doi.org/10.2196/60432

Milasan, L., & Scott-Purdy, D. (2025). The future of artificial intelligence in mental health nursing practice: An integrative review. *International Journal of Mental Health Nursing, 34*. https://doi.org/10.1111/inm.70003

Mohammed, S. A. A. Q., Osman, Y. M. M., Ibrahim, A. M., & Shaban, M. (2025). Ethical and regulatory considerations in the use of AI and machine learning in nursing: A systematic review. *International Nursing Review, 72*(1), e70010. https://doi.org/10.1111/inr.70010

O'Connor, S., Yan, Y., Thilo, F. J. S., Felzmann, H., Dowding, D., & Lee, J. J. (2023). Artificial intelligence in nursing and midwifery: A systematic review. *Journal of Clinical Nursing, 32*(13–14), 2951–2968. https://doi.org/10.1111/jocn.16478

Omar, M., Soffer, S., Charney, A., Landi, I., Nadkarni, G. N., & Klang, E. (2024). Applications of large language models in psychiatry: A systematic review. *Frontiers in Psychiatry, 15*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1422807

Park, G. E., Kim, H., & Go, U. R. (2024). Generative artificial intelligence in nursing: A scoping review. *Collegian, 31*(6), 428–436. https://doi.org/10.1016/j.colegn.2024.10.004

Sabancıoğulları, S., Açıl, A., & Hallaç, S. (2014). Psikiyatri kliniklerinde bir profesyonel kontrol yöntemi: Hemşirelik gözlemleri. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 6*(3), 270–280. https://doi.org/10.5455/cap.20130706041217

Tuncer, G. Z., & Duman, Z. Ç. (2025). The exploration of psychiatric nurses' perspectives on the applications of artificial intelligence in supporting care: "Patients prefer seeing a human over AI". *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*. https://doi.org/10.1111/jpm.70000

Volkmer, S., Meyer-Lindenberg, A., & Schwarz, E. (2024). Large language models in psychiatry: Opportunities and challenges. *Psychiatry Research, 339*, 116026. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116026

Wang, X., Zhou, Y., & Zhou, G. (2024). The application and ethical implication of generative AI in mental health: Systematic review. *JMIR Mental Health, 12*. https://doi.org/10.2196/70610

Woo, B. F. Y., Cato, K., Cho, H., You, S. B., & Song, J. (2025). The use of large language models in clinical documentation: A scoping review. *International Journal of Nursing Studies, 176*, 105322. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105322

World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. World Health Organization.

World Health Organization. (2024). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models*. World Health Organization.

Yılmaz, M. (Ed.). (2021). *Psikiyatri hemşireliğinde güncel yaklaşımlar*. Akademisyen Kitabevi. https://doi.org/10.37609/akya.1077

Yonatan-Leus, R., & Brukner, H. (2024). Comparing perceived empathy and intervention strategies of an AI chatbot and human psychotherapists in online mental health support. *Counselling and Psychotherapy Research*. https://doi.org/10.1002/capr.12832

APP STORE VE GOOGLE PLAY PLATFORMLARINDA İSKELETSEL MATÜRASYON EVRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK AKILLI TELEFON UYGULAMALARI

Doç. Dr. Delal Dara Kılınç[1], Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,, Ortodonti ABD., ddarakilinc@gmail.com, 0 506 459 97 71

ORCID:0000-0001-9009-6218

Özet

Ortodontik ve dentofasiyal ortopedik anomalilerin tanısı ile tedavi zamanlamasının doğru bir şekilde planlanabilmesi açısından hastanın iskeletsel matürasyon düzeyinin ve kemik yaşının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Literatürde, pubertal büyüme atağının değerlendirilmesi ve tedavi için en uygun zamanlamanın belirlenmesi amacıyla dişlenme gelişimi, kronolojik yaş, boy uzunluğundaki artış, el-bilek kemiklerinin iskeletsel matürasyonu ve servikal vertebraların morfolojik değişimleri gibi çeşitli biyolojik olgunluk göstergeleri tanımlanmıştır.

Yakın zamanda yayımlanan bir çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri nüfusunun yaklaşık %85'inin akıllı telefon kullandığı bildirilmiştir. Akıllı telefonlar; tanı ve tedavi etkinliğinin değerlendirilmesi, tıp eğitimi, sağlık profesyonelleri arasındaki iletişim, teletıp, telediş hekimliği, teleortodonti ve mobil uygulamalar aracılığıyla uzaktan hasta izlemi gibi çok sayıda klinik uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Sağlık alanına yönelik mobil uygulamaların sayısının 300.000'in üzerinde olduğu bildirilmektedir.

Akıllı telefonlarda çalışan ve "mobil uygulama (application/app)" olarak adlandırılan özel yazılımlar, ortodontistlere teknolojiyi günlük klinik uygulamalarına entegre ederek tanı ve tedavi süreçlerini daha pratik ve erişilebilir biçimde yürütme olanağı sağlamaktadır. Literatürde ortodonti alanında geliştirilmiş toplam 305 mobil uygulamanın bulunduğu bildirilmiştir. Bunlar arasında **CVM Stage Guide Application** (Hyderabad, Telangana, Hindistan), **What is Skeletal Maturity App** (Raymond Liu, Amerika Birleşik Devletleri) ve **EasyAge App** (Paulo Eduardo Ferreira, Brezilya), App Store ve Google Play platformlarında erişilebilen iskeletsel matürasyon değerlendirme uygulamaları arasında yer almaktadır. Bu sunumun amacı, App Store ve Google Play platformlarında yer alan iskeletsel matürasyon değerlendirmesine yönelik mobil uygulamaların taranması ve mevcut uygulamaların belirlenmesidir.

Anahtar Kelimeler: İskeletsel matürasyon, büyüme değerlendirmesi, servikal vertebra maturasyonu, el-bilek radyografisi, kemik yaşı, mobil sağlık uygulamaları, App Store, Google Play.

SMARTPHONE SKELETAL MATURATION STAGES APPLICATIONS ON APPSTORE AND GOOGLE PLAY

Assoc. Prof. Dr. Delal Dara Kılınç[1], Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Dentistry, Department of Orthodontics, ddarakilinc@gmail.com, 0 506 459 97 71

ORCID:0000-0001-9009-6218

Abstract

Determination of skeletal maturation and bone age of the patient is essential for diagnosis and accurate timing of treatment of orthodontic and dentofacial orthopedic anomalies. In the literature, various indicators of skeletal maturity like: development of dentition, chronological age, increase in height, skeletal maturation of the hand and wrist bones, and changes in cervical vertebral morphology have been presented to define pubertal growth status/spurt in order to determine the best treatment timing.

A recent study presented that the huge majority of the American population 85% has a smartphone. Smartphones are used in various routine medical applications such as diagnosis and treatment effectiveness, medical education, communication and even telemedicine, tele-dentistry and tele-orthodontics, and remote monitoring via mobile applications. It has been reported that total number of applications related to this exceed 300,000. Special softwares on smartphones called as applications, have given orthodontists the chance of using technology practically in daily orthodontic diagnosis and treatment. It was reported that there were 305 orthodontic applications. Among them, the CVM Stage Guide Application (Hyderabad, Telangana, India); What is skeletal Maturity App (Raymond Liu; United States) and EasyAge App (Paulo Eduardo Ferreira, Brazil) are skeletal maturation applications which are sold on AppStore and Google Play. This presentation aimed to scan the AppStore and Google Play and determine the skeletal maturation evaluation applications.

Key words: Growth evaluation, Skeletal maturation, Cervical vertebrae, Hand-wrist, Skeletal Maturation Application, Appstore, Google Play

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ASSISTED DETECTION OF SUB-CROWN CARIES IN PANORAMIC RADIOGRAPHS: CURRENT EVIDENCE AND FUTURE PERSPECTIVES

[1]Orhan ARZIK, [2]Sümeyye YILMAZ, [3]Gökçe KEÇECİ, [4]Nermin DEMİRKOL, [5]İrem KARAGÖZOĞLU

[1]Dt. Orhan ARZIK ORCID: 0009-0003-7594-8613

Gaziantep University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Gaziantep/Turkey

orhanarzk824@gmail.com

[2]Uzm. Dt. Sümeyye YILMAZ ORCID: 0000-0002-9030-5179

İnegöl Dental Hospital, Prosthodontics Department

smyye_4690@hotmail.com

[3]Dr.Öğr.Üyesi Gökçe KEÇECİ ORCID: 0000-0002-4180-4289

Kahramanmaras Sutcuimam University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Kahramanmaras/Turkey

dt.gokcekececi@gmail.com

[4]Prof. Dr. Nermin DEMİRKOL ORCID:0000-0002-1756-8749

Gaziantep University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Gaziantep/Turkey

dt_nerminhamdemirci@hotmail.com-05064810477

[5]Dr.Öğr. Üyesi İrem KARAGÖZOĞLU ORCİD:0000-0003-3363-7916

Gaziantep University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Gaziantep/Turkey

dtiremkaragozoglu@hotmail.com

Abstract

The early and accurate detection of sub-crown caries is of great importance for the long-term preservation of fixed prosthetic restorations and the implementation of appropriate treatment. However, factors such as image artifacts caused by restorative work, the superimposition of anatomical structures, and boundary limitations in panoramic radiographs can complicate the detection of carious lesions beneath crowns.

In recent years, advancements in artificial intelligence technologies—particularly deep learning-based image analysis methods—have yielded promising results in the automated detection of carious lesions in dental radiographs. Thanks to advanced architectures such as Convolutional Neural Networks (CNN), YOLO, Faster R-CNN, and U-Net, it has become possible to detect sub-crown caries on panoramic radiographs with high accuracy and discriminative capability.

AI-assisted systems help reduce inter-observer variability, support clinical decision-making processes, and facilitate early intervention. However, significant limitations remain, including the fact that many current studies rely on single-center and limited datasets, as well as issues regarding variability across imaging devices, restorative artifacts, and the clinical generalizability of these models.

The aim of this review is to summarize the current literature on the AI-based detection of carious lesions beneath dental crowns in panoramic radiographs, evaluate the deep learning architectures and diagnostic performance metrics employed, and discuss existing limitations and future research directions. Furthermore, it is anticipated that explainable artificial intelligence models, multi-center databases, and clinical study-based improvement systems will make significant contributions to patient care by enhancing diagnostic capabilities in prosthetic dentistry practice.

Keywords: Artificial intelligence; Deep learning; Panoramic radiography; Secondary caries; Dental crowns.

PANORAMİK RADYOGRAFLARDA KRON ALTI ÇÜRÜKLERİN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TESPİTİ: MEVCUT KANITLAR VE GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER

Özet

Kronaltı çürüklerin erken ve doğru tanısı, sabit protetik restorasyonların uzun dönem başarısının korunması ve uygun tedavi planlamasının yapılması açısından büyük önem arz etmektedir. Bunun yanında, panoramik radyografilerde restoratif materyallerin neden olduğu görüntü artefaktları, anatomik yapıların üst üste gelmesi ve sınırlı çözünürlük gibi faktörler, kron altındaki çürük lezyonlarının tespitini güçleştirebilmektedir.

Son yıllarda yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler, özellikle derin öğrenme tabanlı görüntü analiz yöntemleri, dental radyografilerde çürük lezyonlarının otomatik olarak belirlenmesinde umut verici sonuçlar ortaya koymuştur. Konvolüsyonel sinir ağları (Convolutional Neural Networks, CNN), YOLO, Faster R-CNN ve U-Net gibi gelişmiş algoritmalar sayesinde panoramik radyografiler üzerinde kron altı çürüklerin yüksek doğruluk ve duyarlılıkla tespit edilmesi mümkün hale gelmiştir.

Yapay zekâ destekli sistemler, gözlemciler arası farklılıkları azaltarak tanısal tutarlılığı artırmakta, klinisyenlerin karar verme süreçlerini desteklemekte ve erken müdahaleye katkı sağlamaktadır. Bunun yanında, mevcut çalışmaların büyük bölümünün tek merkezli ve sınırlı veri setleriyle gerçekleştirilmiş olması, farklı görüntüleme cihazları arasındaki değişkenlik, restoratif materyallerin oluşturduğu artefaktlar ve algoritmaların klinik ortamlardaki genellenebilirliği önemli kısıtlılıklar arasında yer almaktadır.

Bu derlemenin amacı, panoramik radyografilerde dental kronların altında gelişen çürük lezyonlarının yapay zekâ tabanlı yöntemlerle tespitine ilişkin güncel literatürü kapsamlı biçimde değerlendirmek, kullanılan derin öğrenme algoritmalarını ve tanısal performanslarını karşılaştırmak, mevcut sınırlılıkları ortaya koymak ve gelecekteki araştırma alanlarını tartışmaktır. Ayrıca, açıklanabilir yapay zekâ modelleri, çok merkezli veri tabanları ve klinik doğrulama çalışmaları ile desteklenen sistemlerin protetik diş hekimliği pratiğinde tanısal doğruluğu artırarak hasta bakımına önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ; Derin öğrenme; Panoramik radyografi; Sekonder çürük; Dental kronlar.

UNPLANNED CLINICAL PROCEDURES IN PROSTHODONTIC TREATMENT: CLINICAL APPROACHES BEYOND THE PLANNED PROSTHETIC THERAPY

[1]Orhan ARZIK, [2]Sümeyye YILMAZ, [3]Gökçe KEÇECİ, [4]Nermin DEMİRKOL, [5]İrem KARAGÖZOĞLU [1]Dt. Orhan ARZIK ORCID: 0009-0003-7594-8613

Gaziantep University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Gaziantep/Turkey

orhanarzk824@gmail.com

[2]Uzm. Dt. Sümeyye YILMAZ ORCID: 0000-0002-9030-5179

İnegöl Dental Hospital, Prosthodontics Department

smyye_4690@hotmail.com

[3]Dr.Öğr.Üyesi Gökçe KEÇECİ ORCID: 0000-0002-4180-4289

Kahramanmaras Sutcuimam University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Kahramanmaras/Turkey

dt.gokcekececi@gmail.com

[4]Prof. Dr. Nermin DEMİRKOL ORCID:0000-0002-1756-8749

Gaziantep University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Gaziantep/Turkey

dt_nerminhamdemirci@hotmail.com-05064810477

[5]Dr.Öğr. Üyesi İrem KARAGÖZOĞLU ORCİD:0000-0003-3363-7916

Gaziantep University, Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry Gaziantep/Turkey

dtiremkaragozoglu@hotmail.com

Abstract

Treatment planning in prosthodontics is a systematic process aimed at meeting the patient's esthetic, functional, and biological needs. However, unforeseen clinical conditions encountered during treatment may necessitate additional interventions.

The detection of dental caries, pulpal or periodontal pathologies, restoration failures, tooth fractures, inadequate retention and resistance form, or occlusal discrepancies during the treatment process may require reconsideration or modification of the initially planned prosthodontic approach. These unplanned clinical procedures may prolong treatment duration, increase treatment costs, and necessitate a multidisciplinary approach.

In recent years, advances in digital dentistry, three-dimensional imaging techniques, and computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technologies have improved the ability to anticipate potential complications and establish more predictable treatment plans. Nevertheless, despite comprehensive clinical and radiographic examinations, it is not always possible to identify all potential complications before treatment.

The aim of this review is to comprehensively evaluate unplanned clinical procedures that may arise during planned prosthodontic treatment, examine their potential causes, clinical management strategies, and effects on treatment outcomes. Furthermore, the importance of identifying risk factors, implementing early diagnostic methods, and adopting multidisciplinary treatment planning is emphasized. The impact of unexpected clinical interventions on patient satisfaction, treatment success, and long-term prognosis is also discussed in light of the current literature.

Keywords: Prosthodontics; Treatment planning; Unplanned clinical procedures; Treatment complications; Multidisciplinary treatment.

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE PLANLANMAMIŞ KLİNİK İŞLEMLER: PLANLANAN PROTETİK TEDAVİNİN ÖTESİNDE KLİNİK YAKLAŞIMLAR

Özet

Protetik diş tedavisinde tedavi planlaması; hastanın estetik, fonksiyonel ve biyolojik gereksinimlerini karşılamaya yönelik sistematik bir süreçtir. Bununla birlikte, tedavi sırasında başlangıçta öngörülmeyen klinik durumlarla karşılaşılması ek müdahaleleri gerekli kılabilmektedir.

Diş çürüklerinin, pulpal veya periodontal patolojilerin, restorasyon başarısızlıklarının, diş kırıklarının, yetersiz retansiyon ve rezistans formunun ya da oklüzal uyumsuzlukların tedavi sürecinde fark edilmesi, planlanan protetik yaklaşımın yeniden değerlendirilmesini zorunlu hale getirebilir. Bu beklenmeyen klinik prosedürler, tedavi süresini uzatabilmekte, maliyeti artırabilmekte ve multidisipliner bir yaklaşım gerektirebilmektedir.

Son yıllarda dijital diş hekimliği uygulamaları, üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ve bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) teknolojileri sayesinde bu tür komplikasyonların önceden öngörülmesi ve tedavi planlamasının daha güvenilir şekilde yapılması mümkün hale gelmiştir. Ancak ayrıntılı klinik ve radyografik değerlendirmelere rağmen tüm beklenmeyen durumların önceden belirlenmesi her zaman mümkün değildir.

Bu derlemenin amacı, planlanmış protetik tedavi sürecinde ortaya çıkabilen plan dışı klinik prosedürleri kapsamlı olarak değerlendirmek, bu durumların olası nedenlerini, klinik yönetim yaklaşımlarını ve tedavi başarısı üzerindeki etkilerini incelemektir. Ayrıca, risk faktörlerinin belirlenmesi, erken tanı yöntemlerinin kullanılması ve multidisipliner tedavi planlamasının önemi vurgulanarak, beklenmeyen klinik girişimlerin hasta memnuniyeti, tedavi başarısı ve uzun dönem prognozu üzerindeki etkileri güncel literatür ışığında tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Protetik diş tedavisi; Tedavi planlaması; Planlanmamış klinik işlemler; Tedavi komplikasyonları; Multidisipliner tedavi.

EMERGENCY CESAREAN SECTİON AND CONCOMİTANT MYOMECTOMY İN A PRİMİPAROUS WOMAN WİTH MULTİPLE UTERİNE LEİOMYOMAS AND DYSFUNCTİONAL LABOR: A CASE REPORT

Meral Rexhepi[1], Majlinda Azemi[1], Aleksandra Zakoska[1], Eldiar Zulbeari[1], Sani Bajrami[2]

Clinical Hospital Tetovo

1. **Department of Obstetrics and Gynecology**
2. **Department of Neonatology**

Faculty of Medical Sciences, University of Tetova

Corresponding author: Email dr.meralrexhepi@gmail.com

ID https://orcid.org/0000-0002-6923-0387

Abstract

Background

Uterine leiomyomas are common benign tumors that may complicate pregnancy and labor. Their clinical impact depends on their number, size, and location. Large and multiple leiomyomas may be associated with dysfunctional labor and an increased risk of cesarean delivery. Myomectomy during cesarean section remains controversial because of the potential risk of hemorrhage.

Case Presentation

A 29-year-old primiparous woman at 39 weeks and 4 days of gestation was admitted in labor. Four subserosal uterine leiomyomas were present, including a large fundal fibroid measuring 90 × 76 mm; the remaining three measured approximately 20–40 mm. During labor, secondary uterine inertia developed with failure of normal labor progression, and an emergency cesarean section was performed. A lower-segment transverse uterine incision was used, and a live male infant weighing 3230 g was delivered with Apgar scores of 7 and 9 at one and five minutes, respectively. All four fibroids were removed during the same operation. The total operative duration was 60 minutes. Histopathology confirmed uterine leiomyoma. The preoperative hemoglobin was 6.71 g/dL and decreased to 5.59 g/dL postoperatively. The patient received two units of erythrocyte suspension and one unit of plasma, after which hemoglobin increased to 7.82 g/dL. Intraoperative blood loss was clinically estimated at approximately 200 ml. The postoperative course was uncomplicated, and the patient was discharged after five days.

Conclusions

Multiple uterine leiomyomas may be associated with dysfunctional labor and failure of labor progression. In carefully selected patients, particularly those with accessible subserosal fibroids, concomitant myomectomy during cesarean delivery can be successfully performed. Appropriate surgical planning and availability of blood products are essential.

Keywords: uterine leiomyoma; uterine fibroids; pregnancy; dysfunctional labor; cesarean section; cesarean myomectomy.

Introduction

Uterine leiomyomas, commonly referred to as uterine fibroids or myomas, are benign tumors arising from the smooth muscle of the myometrium. They are frequently diagnosed in women of reproductive age, and their presence during pregnancy may influence both maternal and fetal outcomes.

The clinical significance of leiomyomas during pregnancy depends on their number, size, and anatomical location. Although many women with fibroids experience an uncomplicated pregnancy, leiomyomas have been associated with increased risks of malpresentation, preterm delivery, cesarean delivery, placental abnormalities, and postpartum hemorrhage. A systematic review by Klatsky et al. demonstrated an association between fibroids and several adverse reproductive outcomes, including an increased risk of cesarean delivery [1].

More recent evidence supports these observations. A 2024 meta-analysis involving 24 studies and more than 237,000 pregnancies demonstrated increased risks of cesarean delivery, postpartum hemorrhage, placental abruption, placenta

previa, and breech presentation among women with uterine fibroids [2]. The size and location of fibroids appear to be particularly important determinants of obstetric outcome.

Fibroids may interfere with labor through several mechanisms. Lesions located in the lower uterine segment or cervix may directly interfere with fetal descent, while large or multiple fibroids may alter uterine anatomy and interfere with coordinated myometrial contractions. Consequently, dysfunctional labor and failure of labor progression may occur.

The management of fibroids encountered during cesarean delivery remains controversial. Historically, myomectomy during cesarean section was generally avoided because pregnancy is associated with increased uterine vascularity and a theoretical risk of severe hemorrhage. However, increasing clinical experience has demonstrated that cesarean myomectomy can be performed in selected patients, particularly when fibroids are subserous, pedunculated, accessible, or otherwise clinically indicated [3-6].

A systematic review and meta-analysis by Goyal et al. described an increasing shift toward performing cesarean myomectomy in appropriately selected patients [3]. Nevertheless, the evidence remains predominantly observational. The most recent Cochrane review concluded that the certainty of evidence regarding hemorrhage, blood transfusion, operative time, and other outcomes remains very low [5].

We present the case of a primiparous 29-year-old woman at term pregnancy with four subserous uterine leiomyomas, including a large 90 × 76 mm fundal fibroid, who developed secondary uterine inertia and failure of labor progression requiring emergency cesarean delivery. All four fibroids were removed during the same surgical procedure.

Case Presentation

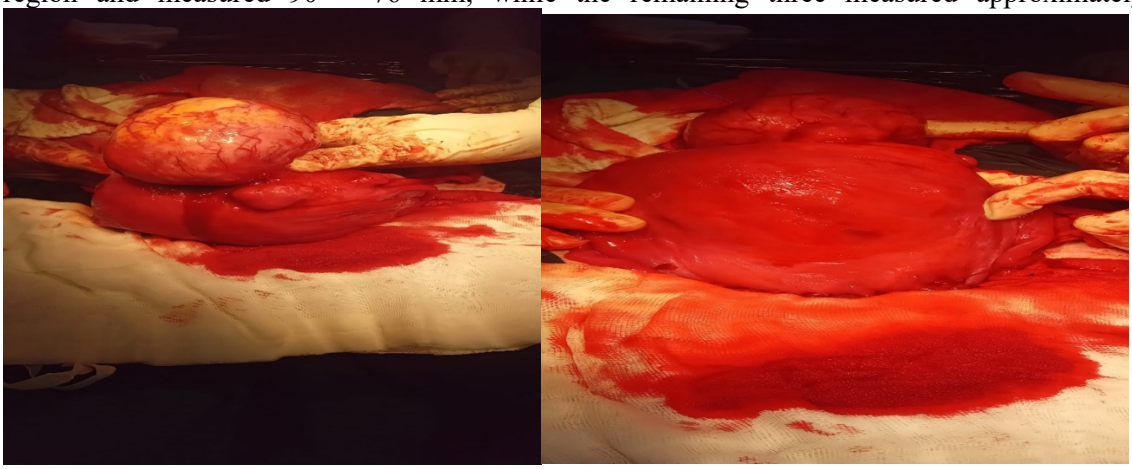
A 29-year-old primiparous woman (G1P0) at 39 weeks and 4 days of gestation was admitted to the Department of Gynecology and Obstetrics in spontaneous labor.

The pregnancy was complicated by the presence of multiple uterine leiomyomas. Four fibroids were identified. The largest was located in the fundal region and measured 90 × 76 mm. The remaining three fibroids measured approximately 20–40 mm. All four lesions were classified as subserous leiomyomas.

The patient entered spontaneous labor at term. During the course of labor, normal progression was not achieved. She developed secondary uterine inertia (*inertio uteri secundaria*), with inadequate uterine activity and failure of normal progression of labor. Considering the dysfunctional course of labor in the presence of multiple uterine leiomyomas, an emergency cesarean section was performed.

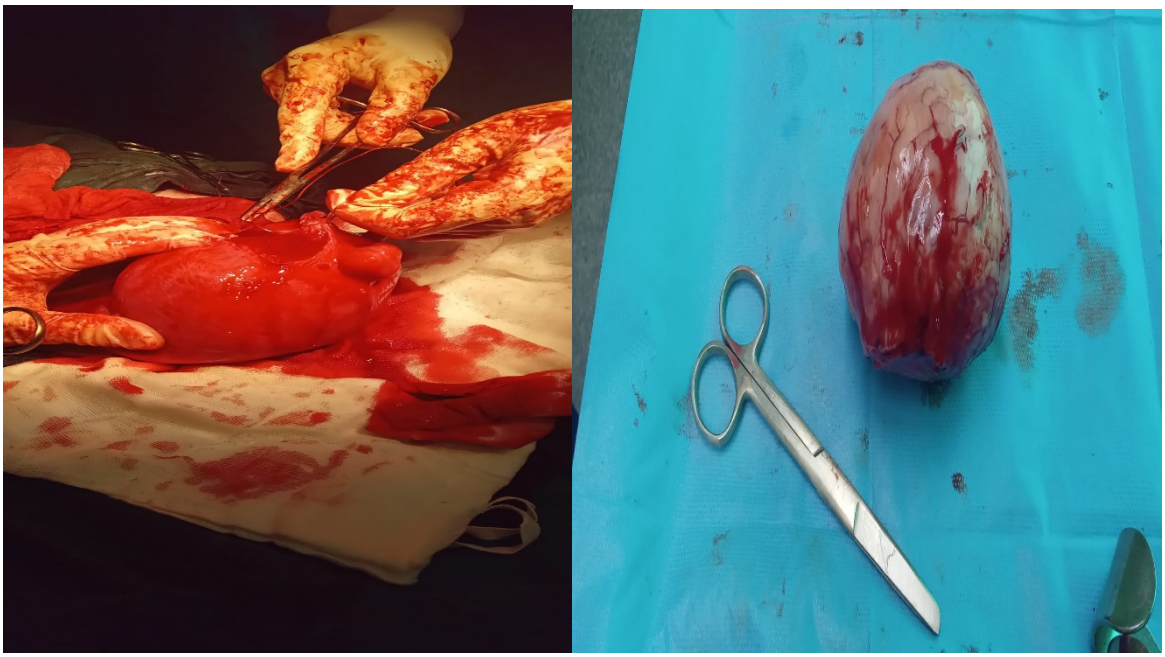
Operative Findings and Delivery

A lower-segment transverse uterine incision was performed. A live male infant weighing 3230 g was delivered. The Apgar scores were 7 at one minute and 9 at five minutes. After delivery of the infant, the uterus was examined and the four subserosal leiomyomas were removed during the same operative procedure. The largest fibroid was located in the fundal region and measured 90 × 76 mm, while the remaining three measured approximately 20–40 mm [Fig 1,2].



Figures 1 and 2. Fundal subserous giant myoma

All four fibroids were successfully excised, and the uterus was preserved [Fig.3]. The total operative duration was 60 minutes. The intraoperative blood loss was clinically estimated at approximately 200 mL.



Figures 3 and 4. Suturing of uterus after fibroid removal and macroscopic view of fibroid

Histopathological Findings

All excised specimens [Fig.4] were submitted for histopathological examination. Histopathological analysis confirmed uterine leiomyoma (myoma uteri). No malignant features were reported.

Hematological Status and Transfusion

The patient's hemoglobin concentration before surgery was 6.71 mmol/l. Following cesarean delivery and myomectomy, the hemoglobin concentration was 5.59 mmol/l.

The patient received 2 units of erythrocyte suspension and 1 unit of plasma. After transfusion, the hemoglobin concentration increased to 7.82 mmol/l. Because the patient was already markedly anemic before surgery, the postoperative reduction in hemoglobin cannot be attributed exclusively to operative blood loss without a documented quantitative estimate of blood loss.

Postoperative Course

The postoperative course was uncomplicated. The patient recovered well following emergency cesarean delivery and concomitant myomectomy. No major postoperative complication was reported. The patient was discharged on the fifth postoperative day in good clinical condition. The newborn was healthy following delivery.

Discussion

This case illustrates the management of pregnancy complicated by multiple uterine leiomyomas and dysfunctional labor, followed by successful concomitant myomectomy during emergency cesarean delivery.

Uterine fibroids are associated with several adverse pregnancy outcomes. Their impact depends on their size, number, and location. In particular, larger fibroids may have a greater effect on the uterine architecture and may increase the likelihood of cesarean delivery [1,2].

In the present case, the patient had four subserous fibroids, including a large fundal leiomyoma measuring 90 × 76 mm. During labor, she developed secondary uterine inertia with failure of normal labor progression, resulting in an emergency cesarean section. It is important to distinguish dysfunctional labor associated with multiple leiomyomas from direct

mechanical obstruction of the birth canal. The largest fibroid in this patient was located in the fundal region and therefore should not automatically be described as directly obstructing the pelvic outlet. The more appropriate interpretation is that the multiple leiomyomas were associated with altered uterine function and secondary uterine inertia, contributing to failure of labor progression.

Fibroids may interfere with normal labor through several mechanisms. Large or multiple lesions can modify uterine architecture and myometrial contractility, while fibroids located in particular anatomical regions can interfere with fetal position and descent. The association between fibroids and cesarean delivery has been demonstrated in multiple observational studies and meta-analyses [1,2,7-10].

An important feature of this case is that all four fibroids were removed during the cesarean section. Cesarean myomectomy has historically been considered controversial because of concerns regarding hemorrhage. The pregnant uterus has an increased blood supply, and removal of a vascular myoma may potentially result in significant blood loss.

However, several studies have reported successful cesarean myomectomy in appropriately selected patients. Song et al. reported that cesarean myomectomy may be feasible in selected women, although they emphasized the limitations of the available evidence [4]. Wang et al. reported that cesarean myomectomy could be performed without significant increases in several postoperative complications in appropriately selected patients [6].

More recently, Goyal et al. performed a systematic review and meta-analysis evaluating cesarean myomectomy and described a shift in clinical practice from considering the procedure an absolute contraindication toward individualized decision-making [3].

The most recent Cochrane review is particularly relevant to the present case. Dey et al. analyzed 23 non-randomized studies involving 7,504 women and found that the available evidence was of very low certainty concerning important outcomes such as blood transfusion, hemorrhage, operative time, and hospital stay [5]. Therefore, cesarean myomectomy should not be considered universally appropriate but rather a procedure that requires careful patient selection.

In the present case, the fibroids were subserous, which was an important factor in their surgical accessibility. The largest fibroid measured 90 × 76 mm and was located in the fundal region. All four fibroids were removed successfully during the same operative procedure, and the total operative duration was 60 minutes.

The patient's hematological status requires particular consideration. Her preoperative hemoglobin was 6.71 mmol/l, representing severe anemia before surgery. Following cesarean delivery and myomectomy, hemoglobin decreased to 5.59 mmol/l. She received two units of erythrocyte suspension and one unit of plasma, resulting in a post-transfusion hemoglobin of 7.82 mmol/l. This distinction is particularly important when discussing the safety of cesarean myomectomy. The transfusion requirement in this patient should be interpreted in the context of her significant preoperative anemia rather than being automatically attributed to hemorrhage caused by myomectomy. Despite these challenges, the surgical procedure was completed within 60 minutes, the uterus was preserved, histopathology confirmed benign leiomyoma, and no major postoperative complication occurred. The patient was discharged after five days.

The case therefore illustrates that concomitant cesarean myomectomy may be a reasonable option in selected patients with accessible subserous fibroids [11]. The decision should consider the number and size of fibroids, their anatomical location, accessibility, the surgeon's experience [12], the patient's hemodynamic and hematological condition, and the availability of blood products [13].

From a reproductive perspective, preservation of the uterus is particularly relevant in a 29-year-old primiparous woman. Performing the myomectomy during the cesarean procedure avoided the need for a subsequent abdominal operation for removal of the known fibroids.

Nevertheless, this case cannot establish the general safety or superiority of cesarean myomectomy. Current evidence remains insufficient to provide strong recommendations regarding routine myomectomy during cesarean delivery [5].

Conclusion

Multiple uterine leiomyomas may complicate pregnancy and labor and may contribute to dysfunctional labor and failure of labor progression.

We report a case of a 32-year-old primiparous woman at 39 weeks and 4 days of gestation with four subserous uterine leiomyomas, including a large 90 × 76 mm fundal fibroid, who developed secondary uterine inertia and required emergency cesarean delivery. A healthy male infant weighing 3230 g was delivered with Apgar scores of 7 and 9. All four fibroids were removed during the same surgical procedure, which lasted 60 minutes, and histopathology confirmed uterine leiomyoma.

Despite severe preoperative anemia with a hemoglobin concentration of 6.71 g/dL, the patient was successfully managed with two units of erythrocyte suspension and one unit of plasma, achieving a post-transfusion hemoglobin of 7.82 g/dL. The uterus was preserved, the postoperative course was uncomplicated, and the patient was discharged after five days.

This case supports the possibility of performing concomitant cesarean myomectomy in carefully selected patients with multiple accessible subserous leiomyomas. Adequate surgical expertise, careful assessment of the patient's hematological status, and availability of blood products are essential.

Learning Points

1. Multiple uterine leiomyomas may be associated with dysfunctional labor and secondary uterine inertia.
2. Large fibroids, particularly when combined with multiple additional lesions, may increase the likelihood of cesarean delivery.
3. Subserous fibroids may be technically accessible for removal during cesarean delivery.
4. Cesarean myomectomy should be individualized rather than considered a routine procedure.
5. Preoperative anemia should be recognized as an independent clinical factor when interpreting perioperative hemoglobin changes.
6. Blood products should be readily available when cesarean myomectomy is considered.
7. Uterine preservation may avoid a subsequent surgical procedure in young women who may desire future fertility.

Patient Consent

Written informed consent for publication of this case report and any accompanying clinical images was obtained from the patient before submission.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

No specific funding was received for this case report.

Authors' Contributions

All authors contributed to the clinical management of the patient, interpretation of the clinical findings, preparation and critical revision of the manuscript, and approval of the final version.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the medical, nursing, midwifery, anesthesia, and operating-room teams involved in the care of the patient.

References

1. Kwon, J. Y., Byun, J. H., Shin, I., Hong, S., Kim, R., & Park, I. Y. Risk factors for intraoperative hemorrhage during cesarean myomectomy. *Taiwanese journal of obstetrics & gynecology*, 2021;*60*(1), 41–44. https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.11.007

2. Li H, Hu Z, Fan Y, Hao Y. The influence of uterine fibroids on adverse outcomes in pregnant women: a meta-analysis. BMC Pregnancy Childbirth. 2024;24:345. doi:10.1186/s12884-024-06545-5.

3. Goyal M, Dawood AS, Elbohoty SB, Abbas MA, Singh P, Melana N, et al. Cesarean myomectomy in the last ten years; a true shift from contraindication to indication: a systematic review and meta-analysis. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2021;256:145-157.

4. Song D, Zhang W, Chames MC, Guo J. Myomectomy during cesarean delivery. Int J Gynaecol Obstet**.** 2013;121(3):208-213.

5. Dey T, Cole MG, Brown D, Hill RA, Chaplin M, Huffstetler HE, et al. Caesarean myomectomy in pregnant women with uterine fibroids. Cochrane Database Syst Rev. 2025;1.

6. Wang, J., Shu, C., & Dong, Y. One case report of low-segment giant uterine fibroids removed combined with cesarean section for delivery. *Medicine*, 2025;*104*(35), e43874. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000043874

7. Galatis, D., Kiriakopoulos, N., Benekos, C., Komiotis, I., Bitzi, G., Micha, G., Kalopita, K., Gripiotis, I., Strongylos, A., Templalexis, P., Flessas, I., & Monastiriotis, A.Intraoperative Myomectomy during Caesarean Section. *Acta medica academica*, 2021;*50*(3), 382–386. https://doi.org/10.5644/ama2006-124.357

8. Stout MJ, Odibo AO, Graseck AS, Macones GA, Crane JP, Cahill AG. Leiomyomas at routine second-trimester ultrasound examination and adverse obstetric outcomes. Obstet Gynecol**.** 2010;116(5):1056-1063.

9. Ghaemmaghami, F., Karimi-Zarchi, M., Gharebaghian, M., & Kermani, T. Successful Myomectomy during Cesarean Section: Case Report & Literature Review. *International journal of biomedical science : IJBS*, 2017;*13*(2), 119–121.

10. Milazzo GN, Catalano A, Badia V, Mallozzi M, Caserta D. Myoma and myomectomy: poor evidence concern in pregnancy. J Obstet Gynaecol Res. 2019;45(9):1784-1791.

11. Marlina, D., Utomo, A., Susilo, A. F. P., Aditiyono, A., Adriansyah, P. N. A., & Aziz, M. A. An Unusual and Successful Pregnancy With Multiple Large Uterine Fibroids Delivered by Cesarean Myomectomy. *Journal of medical cases*, 2025;*16*(3), 95–101. https://doi.org/10.14740/jmc5073

12. Cassardo, O., Perugino, G., Nesa, F., Ossola, M. W., Ferrazzi, E., & D Ambrosi, F. Giant leiomyoma management during elective cesarean section: a case report. *The Pan African medical journal*, 2023;*45*, 73. https://doi.org/10.11604/pamj.2023.45.73.39357

13. Garg, P., & Bansal, R. Cesarean myomectomy: a case report and review of the literature. *Journal of medical case reports*, 2021;*15*(1), 193. https://doi.org/10.1186/s13256-021-02785-7

MÜKEMMELİYETÇİLİK İLE OLUMSUZ DEĞERLENDİRİLME KORKUSUNUN PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ İLE İLİŞKİSİ

Öğrenci, Zeynep KÖSEOĞLU[1] / Dr. Öğr. Üyesi, Nilgün ONNAR[2]

[1]İstanbul Arel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Klinik Psikoloji Programı, Zeyneb.aydn@hotmail.com, ORCID: 0009-0006-0024-0196

[2]İstanbul Arel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Psikoloji Bölümü, nilgunonnar@arel.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3861-801X

Özet

Mükemmeliyetçilik, bireyin kendisi ve performansına ilişkin yüksek standartlar belirlemesi ve bu standartlara ulaşmaya yönelik çabalarıyla ilişkili çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmaktadır. Mükemmeliyetçiliğin farklı boyutları, bireyin kendisine ve çevresine yönelik değerlendirmelerini farklı biçimlerde etkileyebilmektedir. Olumsuz değerlendirilme korkusu ise bireyin başkaları tarafından olumsuz değerlendirilme ya da eleştirilme beklentisiyle ilişkilidir. Mükemmeliyetçi eğilimlerin, bireyin hata yapmaya ve başkalarının değerlendirmelerine yönelik duyarlılığını artırarak olumsuz değerlendirilme korkusunu güçlendirebileceği düşünülmektedir. Sürekli olarak yüksek standartları karşılama ve başkalarının değerlendirmelerine yönelik kaygı yaşama, bireyin kendilik algısını ve psikolojik işleyişini olumsuz etkileyerek psikolojik iyi oluşun azalmasıyla ilişkili olabilir. Bu doğrultuda, mükemmeliyetçilik ve olumsuz değerlendirilme korkusunun birlikte ele alınması, psikolojik iyi oluşla ilişkili süreçlerin anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, mükemmeliyetçiliğin farklı boyutları ile olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkileri incelemektir.

Araştırmaya gönüllü olarak 457 kişi katılmıştır. Katılımcıların 300'ü (%65,6) kadın, 157'si (%34,4) erkektir. Veri toplama araçları Demografik Bilgi Formu, Büyük Üçlü Mükemmeliyetçilik Ölçeği, Olumsuz Değerlendirilme Korkusu Ölçeği ve Psikolojik İyi Oluş Ölçeğidir. Veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Değişkenlerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiş; ilişkilerin incelenmesinde Pearson korelasyon ve regresyon analizlerinden yararlanılmıştır.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, katı, öz-eleştirel ve narsistik mükemmeliyetçilik ile olumsuz değerlendirilme korkusu arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Öz-eleştirel mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasında negatif yönde anlamlı ilişki saptanırken, katı ve narsistik mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Olumsuz değerlendirilme korkusu ile psikolojik iyi oluş arasında negatif yönde anlamlı ilişki belirlenmiştir. Regresyon analizi sonuçlarına göre, olumsuz değerlendirilme korkusunun üç mükemmeliyetçilik boyutunun da anlamlı yordayıcısı olduğu; psikolojik iyi oluşun ise yalnızca katı mükemmeliyetçiliğin anlamlı yordayıcısı olduğu görülmüştür. Bulgular, mükemmeliyetçiliğin farklı boyutlarının psikolojik iyi oluşla ilişkilerinin farklılaştığını ve olumsuz değerlendirilme korkusunun mükemmeliyetçilikle ilişkili önemli bir değişken olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mükemmeliyetçilik, olumsuz değerlendirilme korkusu, psikolojik iyi oluş, öz-eleştirel mükemmeliyetçilik

THE RELATIONSHIP BETWEEN PERFECTIONISM, FEAR OF NEGATIVE EVALUATION AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING

Abstract

Perfectionism is considered a multidimensional construct related to an individual setting high standards for themselves and their performance, and striving to achieve these standards. Different dimensions of perfectionism can affect an individual's self-assessment and evaluation of their environment in different ways. The fear of negative evaluation is related to an individual's expectation of being negatively evaluated or criticized by others. It is thought that perfectionist tendencies can strengthen the fear of negative evaluation by increasing an individual's sensitivity to making mistakes and to the evaluations of others. Continuously striving to meet high standards and experiencing anxiety about the evaluations of others may negatively affect an individual's self-perception and psychological functioning, leading to decreased psychological well-being. Therefore, considering perfectionism and the fear of negative evaluation together is important for understanding the processes related to psychological well-being. The aim of this study is to examine the relationships between different dimensions of perfectionism, the fear of negative evaluation, and psychological well-being.

457 individuals voluntarily participated in the study. 300 (65.6%) of the participants were women, and 157 (34.4%) were men. Data collection instruments included the Demographic Information Form, the Big Three Perfectionism Scale, the Fear of Negative Evaluation Scale, and the Psychological Well-being Scale. Data were analyzed using the SPSS program. It was determined that the variables showed a normal distribution; Pearson correlation and regression analyses were used to examine the relationships.

According to the correlation analysis results, significant positive relationships were found between strict, self-critical, and narcissistic perfectionism and fear of negative evaluation. A significant negative relationship was found between self-critical perfectionism and psychological well-being, while no significant relationship was found between strict and narcissistic perfectionism and psychological well-being. A significant negative relationship was determined between fear of negative evaluation and psychological well-being. According to the regression analysis results, fear of negative evaluation was a significant predictor of all three dimensions of perfectionism; however, psychological well-being was a significant predictor only of strict perfectionism. The findings indicate that different dimensions of perfectionism have different relationships with psychological well-being, and that the fear of negative evaluation is a significant variable associated with perfectionism.

Keywords: Perfectionism, fear of negative evaluation, psychological well-being, self-critical perfectionism

1. GİRİŞ

Mükemmeliyetçilik, bireyin kendisine ve/veya başkalarına yönelik aşırı yüksek standartlar belirlemesi ve bu standartlara ulaşamama durumunda yoğun bir öz-eleştiriyle karşılaşmasıyla karakterize edilen çok boyutlu bir kişilik özelliği olarak tanımlanmaktadır (Hewitt ve Flett, 1991). Alanyazında uzun süre tek boyutlu bir yapı olarak ele alınan mükemmeliyetçilik, Hewitt ve Flett'in (1991) öncü çalışmasıyla birlikte özyönelimli, başkalarına yönelik ve sosyal olarak belirlenmiş mükemmeliyetçilik olmak üzere üç boyutlu bir model çerçevesinde yeniden kavramsallaştırılmıştır. Bu çok boyutlu bakış açısı, mükemmeliyetçiliğin bazı görünümlerinin bireyin psikolojik işlevselliğini olumsuz yönde etkileyebileceğini, bazı görünümlerinin ise nispeten daha az örselenmeyle ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada mükemmeliyetçilik, güncel bir sınıflandırma olan Büyük Üçlü Mükemmeliyetçilik Modeli çerçevesinde katı, öz-eleştirel ve narsistik mükemmeliyetçilik olmak üzere üç üst düzey boyutta ele alınmıştır (Kaçar-Başaran, Gökdağ, Erdoğan-Yıldırım ve Yorulmaz, 2020).

1.1. Kuramsal Çerçeve

Katı mükemmeliyetçilik, bireyin kendine yönelik esnek olmayan ve değişmez standartlar koymasını; öz-eleştirel mükemmeliyetçilik, hata yapmaktan duyulan yoğun kaygıyı ve kendini acımasızca eleştirmeyi; narsistik mükemmeliyetçilik ise başkalarından mükemmellik beklemeyi ve bu beklentinin karşılanmaması durumunda ortaya çıkan hayal kırıklığı ile öfkeyi ifade etmektedir. Mükemmeliyetçi eğilimlerin en belirgin sonuçlarından biri, bireyin başkaları tarafından nasıl değerlendirildiğine yönelik artan duyarlılığıdır. Olumsuz değerlendirilme korkusu, bireyin başkaları tarafından olumsuz olarak değerlendirilmesine, eleştirilmesine ya da reddedilmesine ilişkin yoğun ve sürekli bir kaygı duyma eğilimi olarak tanımlanmaktadır (Leary, 1983). Sosyal kaygı ve kendilik değerine ilişkin kırılganlıkla yakından ilişkili olan bu yapının, mükemmeliyetçi bireylerde kendilerine koydukları yüksek standartlara ulaşamama ihtimalinin başkaları tarafından fark

edilmesi endişesiyle beslendiği düşünülmektedir. Nitekim mükemmeliyetçiliğin, bireyin hatalarına ve eksikliklerine yönelik duyarlılığını artırarak olumsuz değerlendirilme korkusunu güçlendirebileceği öne sürülmektedir.

Psikolojik iyi oluş ise bireyin yaşamını anlamlı, amaçlı ve tatmin edici bulma derecesini; kendini kabul etme, özerklik, çevresel hâkimiyet, kişisel gelişim, yaşam amacı ve olumlu ilişkiler gibi bileşenleri içeren çok yönlü bir kavramdır (Ryff, 1989; Diener, Wirtz, Tov, Kim-Prieto, Choi, Oishi ve Biswas-Diener, 2010). Sürekli olarak yüksek standartları karşılamaya çalışmanın ve başkalarının değerlendirmelerine yönelik kronik bir kaygı yaşamanın, bireyin kendilik algısını ve psikolojik işleyişini yıpratarak psikolojik iyi oluşunu azaltabileceği öne sürülmektedir. Bu doğrultuda mükemmeliyetçilik, olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkilerin birlikte incelenmesi, bu değişkenler arasındaki etkileşimin anlaşılması ve klinik uygulamalara yön verilmesi açısından önem taşımaktadır.

Alanyazında mükemmeliyetçiliğin farklı boyutlarının psikolojik sağlıkla ilişkisinin tutarlı bir örüntü izlemediği, bazı boyutların olumsuz sonuçlarla daha güçlü şekilde ilişkilendirildiği bildirilmektedir. Bu çalışmada da mükemmeliyetçiliğin üç boyutunun (katı, öz-eleştirel, narsistik) olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluş ile ilişkisinin farklılaşabileceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda mevcut çalışmanın amacı, mükemmeliyetçiliğin farklı boyutları ile olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkileri korelasyon ve regresyon analizleriyle incelemektir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, mükemmeliyetçilik, olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluş değişkenleri arasındaki ilişkilerin incelendiği nicel, ilişkisel tarama modelinde bir çalışmadır.

2.2. Katılımcılar

Araştırmaya gönüllü olarak katılan 457 kişiden elde edilen veriler analiz edilmiştir. Katılımcıların 300'ü (%65,6) kadın, 157'si (%34,4) erkektir. Veriler, uygun örnekleme yöntemiyle çevrimiçi anket aracılığıyla toplanmıştır.

2.3. Veri Toplama Araçları

Demografik Bilgi Formu: Katılımcıların cinsiyet gibi sosyodemografik özelliklerini belirlemek amacıyla araştırmacılar tarafından oluşturulan bir form kullanılmıştır.

Büyük Üçlü Mükemmeliyetçilik Ölçeği: Katı, öz-eleştirel ve narsistik mükemmeliyetçilik olmak üzere üç alt boyuttan oluşan ölçeğin Türkçe uyarlaması Kaçar-Başaran, Gökdağ, Erdoğan-Yıldırım ve Yorulmaz (2020) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmada alt boyutlara ait Cronbach alfa iç tutarlık katsayıları katı mükemmeliyetçilik için .761, öz-eleştirel mükemmeliyetçilik için .744 ve narsistik mükemmeliyetçilik için .773 olarak bulunmuştur.

Olumsuz Değerlendirilme Korkusu Ölçeği: Leary (1983) tarafından geliştirilen ölçeğin Türkçe uyarlaması Çetin, Doğan ve Sapmaz (2010) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmada ölçeğe ait Cronbach alfa iç tutarlık katsayısı .858 olarak hesaplanmıştır.

Psikolojik İyi Oluş Ölçeği: Diener ve arkadaşları (2010) tarafından geliştirilen ölçeğin Türkçe uyarlaması Telef (2013) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmada ölçeğe ait Cronbach alfa iç tutarlık katsayısı .880 olarak hesaplanmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

Veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayılarının ±2 aralığında yer alması nedeniyle verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiş (Demir ve Sezgin, 2020; George ve Mallery, 2010) ve bu doğrultuda parametrik test tekniklerinden yararlanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla Pearson korelasyon analizi, olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluşun mükemmeliyetçilik boyutlarını yordama düzeyini belirlemek amacıyla ise çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Normallik Varsayımı ve Betimsel İstatistikler

Değişkenlerin basıklık ve çarpıklık katsayıları için Tablo 1 incelendiğinde çarpıklık katsayılarının (-0.754) – (0.287) aralığında, basıklık katsayılarının (-0.586) – (0.361) aralığında değiştiği görülmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerinin

±2 arasında olmasıyla verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir (Demir ve Sezgin, 2020; George ve Mallery, 2010).

Tablo 1. Değişkenlerle İlgili Betimsel İstatistikler

Değişken İsmi	*Kısaltma*	*N*	$\bar{X}$	*SS*	Çarpıklık	Basıklık	α
Katı Mükemmeliyetçilik	KM	457	12.55	3.48	-0.293	-0.192	.761
Öz-Eleştirel Mükemmeliyetçilik	OEM	457	18.75	5.40	-0.199	-0.424	.744
Narsistik Mükemmeliyetçilik	NARSM	457	15.84	4.28	0.287	0.361	.773
Olumsuz Değerlendirilme Korkusu	ODK	457	32.57	8.48	0.089	-0.586	.858
Psikolojik İyi Oluş	PSKIO	457	42.36	8.39	-0.754	0.150	.880

Not: n = 457, $\bar{X}$ = Ortalama, SS = Standart Sapma, Çarpıklık Standart Hatası = 0.114, Basıklık Standart Hatası = 0.228

3.2. Korelasyon Analizi Bulguları

Tablo 2. Değişkenlere İlişkin Korelasyon Analizi Sonuçları

		1	2	3	4	5
1	**KM**	-				
2	**OEM**	.70**	-			
3	**NARSM**	.64**	.43**	-		
4	**ODK**	.44**	.64**	.28**	-	
5	**PSKIO**	-.02	-.24**	-.04	-.34**	-

*Not: n = 457, *p < .05, **p < .01*

Korelasyon katsayısının 0.50'nin altında zayıf, 0.50 ile 0.70 arasında orta ve 0.70 ve üzerinde kuvvetli bir ilişkiye işaret ettiği kabul edilmiştir (Durmuş, Yurtkoru ve Çinko, 2011).

Analiz sonuçlarına göre katı mükemmeliyetçilik ile öz-eleştirel mükemmeliyetçilik arasında (r = .70) istatistiksel açıdan pozitif yönde kuvvetli düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Katı mükemmeliyetçilik ile narsistik mükemmeliyetçilik arasında (r = .64) pozitif yönde orta düzeyde, katı mükemmeliyetçilik ile olumsuz değerlendirilme korkusu arasında (r = .44) pozitif yönde zayıf düzeyde anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Katı mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasında (r = -.02, p > .05) istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Öz-eleştirel mükemmeliyetçilik ile narsistik mükemmeliyetçilik arasında (r = .43) pozitif yönde zayıf düzeyde, öz-eleştirel mükemmeliyetçilik ile olumsuz değerlendirilme korkusu arasında (r = .64) pozitif yönde orta düzeyde anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Öz-eleştirel mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasında (r = -.24) negatif yönde zayıf düzeyde anlamlı bir ilişki saptanmıştır.

Narsistik mükemmeliyetçilik ile olumsuz değerlendirilme korkusu arasında (r = .28) pozitif yönde zayıf düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Narsistik mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasında (r = -.04, p > .05) istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Son olarak, olumsuz değerlendirilme korkusu ile psikolojik iyi oluş arasında (r = -.34) negatif yönde zayıf düzeyde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir.

3.3. Regresyon Analizi Bulguları

Olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluşun, mükemmeliyetçiliğin her bir boyutunu (katı, öz-eleştirel, narsistik) ne düzeyde yordadığını belirlemek amacıyla üç ayrı çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır.

Tablo 2. Katı Mükemmeliyetçiliğe İlişkin Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	*R*	*R²*	*B*	*β*	*t*	*F*
Olumsuz Değerlendirilme Korkusu	Katı Mükemmeliyetçilik	.468	.219	.204	.498**	11.270	63.721
Psikolojik İyi Oluş				.060	.144**	3.252	

*Not: **p < 0.01*

Yapılan regresyon analizi sonucunda model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (R = .468, R^2 = .219, F(2,454) = 63.721, p < .001). Elde edilen değerler incelendiğinde katı mükemmeliyetçiliği, hem olumsuz değerlendirilme korkusu (β = .498, p < .001) hem de psikolojik iyi oluş (β = .144, p = .001) değişkenlerinin anlamlı düzeyde yordadığı görülmektedir.

Tablo 3. Öz-Eleştirel Mükemmeliyetçiliğe İlişkin Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	*R*	*R²*	*B*	*β*	*t*	*F*
Olumsuz Değerlendirilme Korkusu	Öz-Eleştirel Mükemmeliyetçilik	.641	.411	.402	.632**	4.150	158.345
Psikolojik İyi Oluş				-.016	-.025	16.482	

*Not: **p < 0.01*

Yapılan regresyon analizi sonucunda model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (R = .641, R^2 = .411, F(2,454) = 158.345, p < .001). Elde edilen değerler incelendiğinde olumsuz değerlendirilme korkusunun öz-eleştirel mükemmeliyetçiliği anlamlı düzeyde yordadığı (β = .632, p < .001), psikolojik iyi oluşun ise anlamlı bir yordayıcı olmadığı (β = -.025, p > .05) görülmektedir.

Tablo 4. Narsistik Mükemmeliyetçiliğe İlişkin Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	*R*	*R²*	*B*	*β*	*t*	*F*
Olumsuz Değerlendirilme Korkusu	Narsistik Mükemmeliyetçilik	.294	.087	.157	.310**	6.498	21.523
Psikolojik İyi Oluş				.034	.066	1.377	

*Not: **p < 0.01*

Yapılan regresyon analizi sonucunda model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($R = .294$, $R^2 = .087$, $F(2,454) = 21.523$, $p < .001$). Elde edilen değerler incelendiğinde olumsuz değerlendirilme korkusunun narsistik mükemmeliyetçiliği anlamlı düzeyde yordadığı ($\beta = .310$, $p < .001$), psikolojik iyi oluşun ise anlamlı bir yordayıcı olmadığı ($\beta = .066$, $p > .05$) görülmektedir.

Özetle, olumsuz değerlendirilme korkusunun mükemmeliyetçiliğin her üç boyutunu da (katı, öz-eleştirel, narsistik) anlamlı düzeyde yordadığı; psikolojik iyi oluşun ise yalnızca katı mükemmeliyetçiliği anlamlı düzeyde yordadığı, öz-eleştirel ve narsistik mükemmeliyetçilik üzerinde anlamlı bir yordayıcı etkisinin bulunmadığı görülmüştür.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada mükemmeliyetçiliğin katı, öz-eleştirel ve narsistik boyutları ile olumsuz değerlendirilme korkusu ve psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bulgular, olumsuz değerlendirilme korkusunun mükemmeliyetçiliğin her üç boyutuyla da tutarlı biçimde pozitif yönde ilişkili olduğunu ve bu üç boyutun da anlamlı düzeyde yordayıcısı olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, mükemmeliyetçi eğilimleri yüksek bireylerin, mükemmeliyetçiliğin hangi görünümüne sahip olurlarsa olsunlar, başkaları tarafından olumsuz değerlendirilme ihtimaline karşı benzer düzeyde bir duyarlılık geliştirebileceğine işaret etmektedir. Bu durum, mükemmeliyetçiliğin yalnızca bireyin kendine yönelik standartlarıyla sınırlı olmadığını, aynı zamanda bireyin sosyal değerlendirilme süreçlerine ilişkin kaygılarıyla da yakından bağlantılı olduğunu düşündürmektedir.

Psikolojik iyi oluşla ilişkiler incelendiğinde ise farklı bir örüntü ortaya çıkmıştır. Öz-eleştirel mükemmeliyetçilik, psikolojik iyi oluşla korelasyon düzeyinde anlamlı ve negatif yönde ilişkiliyken, regresyon analizinde olumsuz değerlendirilme korkusu modele dahil edildiğinde bu yordayıcı etkisini yitirmiştir. Bu bulgu, öz-eleştirel mükemmeliyetçiliğin psikolojik iyi oluş üzerindeki olumsuz etkisinin, büyük ölçüde bu boyutun olumsuz değerlendirilme korkusuyla paylaştığı ortak varyans üzerinden açıklanabileceğine işaret etmektedir. Katı mükemmeliyetçilik ise ikili korelasyon düzeyinde psikolojik iyi oluşla anlamlı bir ilişki göstermezken, regresyon modelinde anlamlı bir yordayıcı olarak ortaya çıkmıştır; bu durum, katı mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkinin ancak olumsuz değerlendirilme korkusunun etkisi kontrol edildiğinde görünür hâle gelen bir baskılama (suppression) örüntüsüne işaret ediyor olabilir. Narsistik mükemmeliyetçilik ise gerek korelasyon gerekse regresyon analizlerinde psikolojik iyi oluşla anlamlı bir ilişki göstermemiştir.

Bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, mükemmeliyetçiliğin psikolojik iyi oluş üzerindeki etkisinin doğrudan olmaktan çok, olumsuz değerlendirilme korkusu aracılığıyla şekillenebileceği söylenebilir. Bu sonuç, alanyazında mükemmeliyetçiliğin psikolojik sağlıkla ilişkisinin doğrudan bir yordayıcı ilişkiden ziyade, kaygı temelli süreçler üzerinden dolaylı bir yapı sergileyebileceğine ilişkin görüşlerle tutarlılık göstermektedir. Klinik açıdan bakıldığında, özellikle öz-eleştirel ve katı mükemmeliyetçilik örüntüsü sergileyen danışanlarla yürütülen psikoterapi süreçlerinde, yalnızca mükemmeliyetçi bilişlerin değil, bu bilişlerle iç içe geçmiş olan sosyal değerlendirilme korkusunun da ele alınmasının, danışanların psikolojik iyi oluşlarını artırmaya yönelik müdahalelerin etkinliğini güçlendirebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırma, kesitsel bir tasarıma sahiptir; bu nedenle değişkenler arasında nedensel çıkarımlar yapılamamaktadır. Veriler öz-bildirim ölçekleriyle toplanmış olup sosyal beğenirlik gibi yanıt eğilimlerinden etkilenmiş olabilir. Ayrıca örneklem, uygun örnekleme yöntemiyle oluşturulduğundan bulguların genellenebilirliği sınırlıdır. Gelecek çalışmalarda boylamsal veya deneysel desenlerin kullanılması, klinik örneklemlerle

çalışılması ve olumsuz değerlendirilme korkusunun mükemmeliyetçilik ile psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkideki aracı rolünün formal bir aracılık (mediation) analiziyle test edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Çetin, B., Doğan, T. ve Sapmaz, F. (2010). Olumsuz Değerlendirilme Korkusu Ölçeği Kısa Formu'nun Türkçe uyarlaması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. Eğitim ve Bilim, 35(156), 205-216.

Demir, S. ve Sezgin, E. (2020). [Bu kaynağın tam bibliyografik bilgisi doğrulanamamıştır; lütfen orijinal kaynağı kontrol ederek tamamlayınız.]

Diener, E., Wirtz, D., Tov, W., Kim-Prieto, C., Choi, D., Oishi, S. ve Biswas-Diener, R. (2010). New well-being measures: Short scales to assess flourishing and positive and negative feelings. Social Indicators Research, 97(2), 143-156.

Durmuş, B., Yurtkoru, E. S. ve Çinko, M. (2011). Sosyal Bilimlerde SPSS'le Veri Analizi (4. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

George, D. ve Mallery, P. (2010). SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 Update (10th ed.). Boston: Pearson Education.

Hewitt, P. L. ve Flett, G. L. (1991). Perfectionism in the self and social contexts: Conceptualization, assessment, and association with psychopathology. Journal of Personality and Social Psychology, 60(3), 456-470.

Kaçar-Başaran, S., Gökdağ, C., Erdoğan-Yıldırım, Z. ve Yorulmaz, O. (2020). A different view to perfectionism: An investigation of the psychometric properties of the big three perfectionism scale in a Turkish community sample. Current Psychology. https://doi.org/10.1007/s12144-020-01131-2

Leary, M. R. (1983). A brief version of the Fear of Negative Evaluation Scale. Personality and Social Psychology Bulletin, 9(3), 371-375.

Ryff, C. D. (1989). Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being. Journal of Personality and Social Psychology, 57(6), 1069-1081.

Telef, B. B. (2013). Psikolojik İyi Oluş Ölçeği: Türkçeye uyarlama, geçerlik ve güvenirlik çalışması. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 28(3), 374-384.

MUTLULUK KORKUSU İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞUN DEPRESYON, ANKSİYETE VE STRESLE İLİŞKİSİ

Öğrenci, Bengü ORAK[1]/ Dr, Nilgün ONNAR[2]

[1]İstanbul Arel Üniversitesi, Klinik psikoloji yüksek lisans öğrencisi, benguorak@gmail.com, 0009-0007-5571-8385

[2]İstanbul Arel Üniversitesi, Psikoloji bölümü öğretim üyesi, nilgunonnar@arel.edu.tr, 0000-0003-3861-801X

Özet

Mutluluk korkusu, mutlu olmanın birtakım olumsuz sonuçları olduğuna dair bir inancı temsil etmektedir. Bu inanca sahip olan bireyler mutluluktan kaçınmaktadır. Psikolojik iyi oluş, bireyin yaşamında kendini iyi hissetmesi ile ilişkili bir kavramdır. Psikolojik iyi oluşun 6 boyutu bulunmaktadır (Özerklik, çevresel hakimiyet, kişisel gelişim, başkalarıyla olumlu ilişkiler, yaşam amacı, öz kabul). Bireylerin mutluluktan kaçınması, depresyon, anksiyete ve stres belirtilerine neden olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı mutluluk korkusu ile psikolojik iyi oluşun depresyon, anksiyete ve stresle ilişkisinin incelenmesidir. Çalışmaya Türkiye'de yaşayan 18-65 yaş aralığında 231 kadın, 169 erkek olmak üzere 400 kişi katılmıştır. Veri toplama araçları olarak Demografik Bilgi Formu, Mutluluk Korkusu Ölçeği, Psikolojik İyi Oluş Ölçeği ve Depresyon Anksiyete Stres Ölçeği kullanılmıştır. Verilerin analizi için SPSS 26 programı kullanılmıştır.

Verilerin analizinde ilk olarak değişkenlerin basıklık ve çarpıklık katsayıları hesaplanmıştır. Analiz sonucunda verilerin normal dağıldığı gözlemlenmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre mutluluk korkusu; depresyon, anksiyete ve stres ile pozitif, psikolojik iyi oluş ile negatif yönde anlamlı ilişkiler göstermiştir. Psikolojik iyi oluşun, depresyon, anksiyete ve stres ile negatif yönde anlamlı ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Mutluluk korkusu ve psikolojik iyi oluşun; depresyon, anksiyete ve stres üzerindeki yordayıcı rolünü tespit etmek amacı ile regresyon analizi yapılmıştır. Analizlerden elde edilen verilere göre mutluluk korkusu ve psikolojik iyi oluşun; depresyonu, anksiyeteyi ve stresi anlamlı düzeyde yordadığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mutluluk korkusu, psikolojik iyi oluş, depresyon, anksiyete, stres

THE RELATIONSHIP OF FEAR OF HAPPINESS AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING WITH DEPRESSION, ANXIETY, AND STRESS

Abstract

Fear of happiness refers to the belief that being happy may lead to certain negative consequences. Individuals who hold this belief tend to avoid experiencing happiness. Psychological well-being is a concept associated with an individual's positive evaluation of and satisfaction with life. It consists of six dimensions: autonomy, environmental mastery, personal growth, positive relations with others, purpose in life, and self-acceptance. Avoiding happiness may contribute to symptoms of depression, anxiety, and stress.The aim of this study was to examine the relationships between fear of happiness, psychological well-being, and depression, anxiety, and stress. A total of 400 individuals (231 women and 169 men) aged between 18 and 65 years and living in Türkiye participated in the study. Data were collected using the Demographic Information Form, the Fear of Happiness Scale, the Psychological Well-Being Scale, and the Depression, Anxiety, and Stress Scale. The data were analyzed using SPSS.

As part of the data analysis, the kurtosis and skewness coefficients of the variables were first calculated. The results indicated that the data were normally distributed. Pearson correlation analysis was conducted to examine the relationships among the variables. The findings revealed that fear of happiness was significantly and positively associated with depression, anxiety, and stress, and significantly and negatively associated with psychological well-being. Psychological well-being was found to be significantly and negatively related to depression, anxiety, and stress. Regression analyses were conducted to determine the predictive roles of fear of happiness and psychological well-being in relation to depression, anxiety, and stress. The results indicated that both fear of happiness and psychological well-being significantly predicted levels of depression, anxiety, and stress.

Keywords: Fear of happiness, psychological well-being, depression, anxiety, stress

ANNELERİN KİŞİLİK ORGANİZASYONU DÜZEYLERİ İLE ANNE-ÇOCUK BAĞLANMA KALİTELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİDE DUYGU DÜZENLEME GÜÇLÜKLERİNİN ARACILIK ROLÜ

Psk. Fatmagül ERENAY[1] / Dr. Öğr. Üyesi Diler HATİPOĞLU[2]

[1]İstanbul Arel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Klinik Psikoloji Yüksek Lisans Programı, fatmagullerenay@gmail.com, ORCID: 0009-0009-4466-8209

[2]İstanbul Arel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Klinik Psikoloji, dilerakturk@arel.edu.tr, ORCID: 0009-0002-9246-3725

Özet

Doğum sonrası dönemde annenin bebeğiyle kurduğu duygusal bağ, bebeğin duygusal ve ilişkisel gelişiminin erken belirleyicileri arasında yer almaktadır. Kernberg'in yapısal kuramında ruhsal örgütlenme; kimlik bütünlüğü, savunma düzeneklerinin olgunluğu ve gerçeklik değerlendirmesi boyutlarıyla tanımlanmakta, bu boyutlardaki bozulmaların yakın ilişkilerin niteliğini zayıflatabileceği kabul edilmektedir. Buradan hareketle mevcut çalışmada, annelerin kişilik organizasyonu düzeyleri ile anne-çocuk bağlanma kaliteleri arasındaki ilişkide duygu düzenleme güçlüklerinin üstlendiği aracı rol ele alınmıştır. İlişkisel tarama deseninin benimsendiği araştırmaya, 0-12 aylık bebeği bulunan 346 anne çevrimiçi ortamda gönüllü olarak katılmıştır. Ölçüm aracı olarak Kişisel Bilgi Formu, Kişilik Organizasyonları Envanteri, Postpartum Bağlanma Ölçeği ve Duygu Düzenleme Güçlüğü Ölçeği Kısa Formu kullanılmıştır. Aracı etki, Hayes'in PROCESS makrosunun 4 numaralı modeli üzerinden sınanmış; dolaylı etkinin anlamlılığı bootstrap tekniğiyle değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları, kişilik organizasyonu ile duygu düzenleme güçlükleri arasında güçlü ve pozitif yönlü bir ilişki bulunduğuna işaret etmektedir. Kişilik organizasyonunun bağlanma kalitesi üzerindeki toplam etkisi anlamlı çıkmış, ancak açıklanan varyans oldukça sınırlı kalmıştır. Duygu düzenleme güçlüklerinin bağlanma üzerindeki doğrudan etkisi anlamlılık düzeyine ulaşmamış, dolaylı etki de anlamsız bulunmuştur (%95 GA [-.012, .028]); dolayısıyla aracılık örüntüsü doğrulanmamıştır. Alt boyutlar ayrı ayrı incelendiğinde kimlik difüzyonunun, duygusal netlik güçlüğünün ve hedefe yönelik davranışı sürdürmede yaşanan zorlanmanın bağlanma sorunlarıyla anlamlı biçimde ilişkili olduğu görülmüştür. Bu tablo, klinik olmayan bir örneklemde annenin yapısal kişilik örgütlenmesinin bağ kurma sorunlarıyla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular ayrıca, bağ kurma sürecinin duygu düzenlemenin bütününden çok, duyguyu fark etme ve netleştirme kapasitesiyle bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kişilik Organizasyonu, Duygu Düzenleme Güçlüğü, Postpartum Bağlanma, Kimlik Difüzyonu, Anne-Çocuk Bağı

THE MEDIATING ROLE OF DIFFICULTIES IN EMOTION REGULATION IN THE RELATIONSHIP BETWEEN MOTHERS' LEVELS OF PERSONALITY ORGANIZATION AND MOTHER-CHILD BONDING QUALITY

Abstract

The emotional bond a mother establishes with her infant during the postpartum period is among the early determinants of the infant's emotional and relational development. In Kernberg's structural theory, psychic organization is defined through the dimensions of identity integration, maturity of defensive operations and reality testing, and impairments in these dimensions are held to weaken the quality of close relationships. Accordingly, the present study examined the mediating role of difficulties in emotion regulation in the relationship between mothers' levels of personality organization and mother-child bonding quality. A relational survey design was adopted, and 346 mothers with infants aged 0-12 months participated voluntarily in an online setting. A Personal Information Form, the Inventory of Personality Organization, the Postpartum Bonding Questionnaire and the Difficulties in Emotion Regulation Scale-Short Form were used as measurement tools. The mediating effect was tested through Model 4 of Hayes' PROCESS macro, and the significance of the indirect effect was evaluated with the bootstrap technique. The results indicate a strong and positive relationship between personality organization and difficulties in emotion regulation. The total effect of personality organization on bonding quality was significant, yet the explained variance remained rather limited. The direct effect of difficulties in emotion regulation on bonding did not reach significance, and the indirect effect was also non-significant (95% CI [-.012, .028]); the mediation pattern was therefore not confirmed. When the subdimensions were examined separately, identity diffusion, lack of emotional clarity and difficulties in maintaining goal-directed behaviour were significantly associated with bonding problems. This picture shows that, in a non-clinical sample, the mother's structural personality organization is related to bonding difficulties. The findings further suggest that the bonding process may be linked to the capacity to notice and clarify emotions rather than to emotion regulation as a whole.

Keywords: Personality Organization, Difficulties in Emotion Regulation, Postpartum Bonding, Identity Diffusion, Mother-Child Bond

BARİATRİK CERRAHİDE MAKRO BESİN VE MİKRO BESİN ÖGELERİNİN DEĞERLENDİRMESİ: LİTERATÜRDEN KANITLAR

Arş. Gör. Yaren ARAY[1], Dr. Öğr. Üyesi Mutlu Tuçe ÜLKER[2], Prof. Dr. Elvan YILMAZ AKYÜZ[3]

[1]İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü; Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı
yarenaray@esenyurt.edu.tr, 0000-0002-2258-759X

[2]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Toplu Beslenme Sistemleri Ana Bilim Dalı

mutlutuce.ulker@sbu.edu.tr, 0000-0002-1757-5084

[3]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı; Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı

elvan.yilmazakyuz@sbu.edu.tr, 0000-0002-1878-9412

Özet

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre obezite, "sağlığı bozacak ölçüde anormal veya aşırı yağ birikimi" olarak tanımlansa da güncel kılavuzlar obeziteyi enerji homeostazının nöroendokrin regülasyon bozukluğu sonucu gelişen aşırı veya disfonksiyonel yağ dokusu birikimiyle karakterize, kronik ve progresif bir hastalık olarak tanımlamaktadır. Obezitenin tedavisinde, tıbbi beslenme tedavisi, egzersiz tedavisi, davranış değişikliği tedavisi gibi çeşitli tedavi türleri yer almaktadır; sıklıkla obezite cerrahisi olarak da bilinen "bariatrik cerrahisine" başvurulmaktadır. Bariatrik cerrahi kapsamında uygulanan prosedürler sonucunda, mide hacminin küçülmesi ya da ince bağırsak emilim yüzeyinin bypass edilmesiyle birlikte yetersiz protein alımına bağlı kas kütlesi kaybı ve cerrahi türüne özgü mikro besin ögesi eksiklikleri gözlemlenmektedir. Mikro besin eksiklikleri sadece bypasstan dolayı değil, obeziteye bağlı gelişen mikrobiyal mekanizmalar nedeniyle de gelişebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, bariatrik cerrahisi sonrasında sıklıkla rastlanabilen makro besin ögesi ve mikro besin ögesi eksikliklerine yönelik müdahaleleri, güncel klinik veriler ve rehberler ışığında ortaya koymaktır. 2020-2025 yılları arasında yayımlanan çalışmalar, "Bariatrik cerrahisi", "makro besin ögesi eksiklikleri" ve "mikro besin ögesi eksiklikleri" anahtar kelimeleri tekil olarak ve farklı kombinasyonlarla kullanılarak PubMed, Web of Science, Elsevier ScienceDirect ve SpringerLink veri tabanlarında taranmış, orijinal makaleler ile literatür derlemeleri çalışmaya dahil edilmiştir. Mevcut veriler incelendiğinde cerrahi müdahalenin türüne bakılmaksızın makro besin ögelerinden protein, mikro besin ögelerinden ise vitaminlerin takibi ve protokolleri obezite tedavisinin kritik aşamalarından biri olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Bariatrik cerrahi, Makro besin ögesi, Mikro besin ögesi

MACRONUTRIENT AND MICRONUTRIENT CONSIDERATIONS IN BARIATRIC SURGERY: EVIDENCE FROM THE CURRENT LITERATURE

Res. Asst. Yaren ARAY[1], Assist. Prof. Mutlu Tuçe ÜLKER[2], Prof. Dr. Elvan YILMAZ AKYÜZ[3]

[1]Istanbul Esenyurt University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics; University of Health Sciences, Hamidiye Institute of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Istanbul, Türkiye
yarenaray@esenyurt.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2258-759X

[2]University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Health Sciences, Department of Food Service Systems, Istanbul, Türkiye
mutlutuce.ulker@sbu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1757-5084

[3]University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics; University of Health Sciences, Hamidiye Institute of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Istanbul, Türkiye
elvan.yilmazakyuz@sbu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1878-9412

Abstract

According to the World Health Organization, obesity is defined as “abnormal or excessive fat accumulation to an unhealthy degree”; however, current guidelines define obesity as a chronic and progressive disease characterized by excessive or dysfunctional adipose tissue accumulation resulting from a neuroendocrine dysregulation of energy homeostasis. Treatment for obesity includes various approaches, such as medical nutrition therapy, exercise, and behavioral modification; “bariatric surgery,” often referred to simply as obesity surgery, is also commonly used. As a result of procedures performed as part of bariatric surgery—which involve either a reduction in stomach volume or the bypassing of the small intestine’s absorptive surface—loss of muscle mass due to inadequate protein intake and micronutrient deficiencies specific to the type of surgery are observed. Micronutrient deficiencies may develop not only due to the bypass itself but also because of microbial mechanisms associated with obesity. The objective of the study is to outline interventions for macronutrient and micronutrient deficiencies—which are frequently observed following bariatric surgery—considering current clinical data and guidelines. Studies published between 2020 and 2025 were identified by searching PubMed, Web of Science, Elsevier ScienceDirect, and SpringerLink databases; original articles and literature reviews were included in the study. Based on an overview of the existing literature, it can be said that—regardless of the type of surgical intervention—monitoring and following protocols for macronutrients such as protein and micronutrients such as vitamins is one of the critical stages in the treatment of obesity.

Keywords: Bariatric surgery, Macronutrients, Micronutrients

Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)’ne göre obezite, “Sağlığı bozacak ölçüde anormal veya aşırı yağ birikimi” olarak tanımlansa da güncel kılavuzlarda obeziteyi enerji homeostazının nöroendokrin regülasyon bozukluğu sonucu gelişen aşırı veya disfonksiyonel yağ dokusu birikimiyle karakterize, kronik ve progresif bir hastalık olarak yeralmaktadır (1,2). Obezitenin tedavisinde, tıbbi beslenme tedavisi, egzersiz tedavisi, davranış değişikliği tedavisi gibi çeşitli tedavi türleri yer almaktadır; sıklıkla obezite cerrahisi olarak da bilinen “bariatrik cerrahi”ye başvurulmaktadır. Obezite cerrahisi kılavuzları ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) kriterlerini 2022 yılındaki güncel rehberlerin yaklaşımlarıyla güncelleyerek, obezitenin tek başına bir vücut ağırlığı sorunu olmadığını, kronik metabolik bir hastalık olduğunu bildirmiştir. mektedir (3,4). Bariatrik cerrahi müdahaleleri mide hacmini azaltan kısıtlayıcı (sleeve gastrektomi (SG), gastrik bant), besin emilimini bozan malabsorptif (biliyopankreatik diversiyon) ve her ikisini birleştiren kombine (Roux-en-Y gastrik bypass (RYGB), duodenal switch) olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Mide hacminin küçülmesi ya da ince bağırsak emilim yüzeyinin bypass edilmesiyle birlikte yetersiz protein alımına bağlı kas kütlesi kaybı ve cerrahi türüne özgü mikro besin ögesi eksiklikleri görülebilmektedir (5). Mikro besin ögesi eksiklikleri sadece bypasstan dolayı değil, obeziteye bağlı gelişen mikrobiyal mekanizmalar nedeniyle de gelişebilmektedir (6). Operasyon öncesi beslenme (pre-op) ve operasyon sonrası beslenme (post-op), komplikasyonları ve gelişebilecek eksiklikleri önlemek üzere kritik önem taşımaktadır. Güncel kılavuzlar sayesinde ameliyat sonrası ilk dönem, uzun dönem beslenme stratejileri, uzun vadeli takip ve izleme yöntemleri yönetimi

etkin biçimde yapılabilmektedir (7). Bu derlemede amaç, bariatrik cerrahisi sonrasında sıklıkla rastlanabilen makro besin ögeleri ve mikro besin ögelerinin eksikliklerine yönelik müdahaleleri, güncel klinik veriler ve rehberler ışığında ortaya koymaktır.

Yöntem

Literatür taraması; Mayıs 2026-Haziran 2026 tarihleri arasında PubMed, Web of Science, Elsevier ScienceDirect ve SpringerLink elektronik veri tabanları üzerinden yapılmıştır. Arama stratejisi doğrultusunda 'bariatrik cerrahi', 'makro besin ögesi eksiklikleri' ve 'mikro besin ögesi eksiklikleri' terimleri tekil olarak ve Boolean kombinasyonlarıyla kullanılmıştır. Çalışmaya sadece son 5 yıla ait özgün araştırma makaleleri ve derleme türündeki yayınlar dâhil edilmiş; bildiri özetleri, kitap bölümleri ve editöre mektup türündeki yayınlar analiz dışı bırakılmıştır. Yayın incelemeleri ve alan dışı makalelerin dışlanması, iki hakem tarafından kontrol edilmiştir.

Bulgular

Literatürde çalışmanın amacını karşılayan ve değerlendirmeye alınan çalışmaların bulguları aşağıda sunulmuştur:

B_1 Vitamini (Tiamin) Eksikliği ve SIBO İlişkisi

RYGB uygulanan 80 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, hastaların %48,8'inde (n:39) B_1 vitamini düzeyleri düşük bulunmuştur (8). Hastaların ince bağırsakta aşırı bakteri çoğalması (SIBO) glikoz-hidrojen nefes testi ile tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, RYGB sonrası gelişen B_1 vitaminin eksikliğinin sadece malabsorbsiyona bağlı olmadığı; SIBO varlığının B_1 vitamini metabolizmasını bozarak, eksiklik insidansını artırdığı ortaya konulmuştur.

Cerrahi Türlerine Göre Kalsiyum Seviyelerindeki Değişim

Pre-menapozal kadınlarda üzerinde yapılan toplam 58 hastanın dahil edildiği çalışmada, SG (n:26) ve RYGB (n:32) olmak üzere hastalar iki gruba ayrılmıştır. Hastaların iki yıl süreyle plazma kalsiyum (Ca, mg/dL) değerlerinde zamanla doğru orantılı anlamlı derecede azalma görülmüştür ($p<0,001$). En belirgin düşüş ilk 12 ayın sonunda gerçekleşmiştir ve 24. ayın sonunda iki operasyon türünü de geçiren kişilerde kayıp 18% olarak bildirilmiştir (9).

Sleeve Gastrektomi Sonrası Whey Proteini Desteğinin Etkileri

SG operasyonu geçiren hastalara verilen 20 g whey proteini takviyesinin 6 ay boyunca ağırlık kaybı, protein durumu, mikro besin düzeyleri üzerindeki etkilerini inceleyen randomize kontrollü bir çalışmada (müdahale:21, kontrol: 27); müdahale grubunda 3. ayda total protein (70,07±3,02 gm/l) ve magnezyum (0,83±0,08) miktarlarında anlamlı artış gözlemlenirken ($p<0,001$); 6. ayın sonunda albümin (40,09 ± 2,06 gm/L) ve demir (17,98 ± 3,97 umol/l) seviyelerinde anlamlı artış gözlemlenmiştir (10) ($p<0,001$). Ancak B_{12} vitamini, D vitamini, serum kalsiyum seviyelerinde anlamlı bir artış görülmemiştir ($p>0,05$). Müdahale grubunda, kontrol grubuna kıyasla diyet protein alımı %95,2 oranda daha iyi olduğu bulunmuş ve müdahalenin kas kitlesinin korunmasında potansiyel fayda sağladığı bildirilmiştir.

RYGB Sonrası Protein Takviyesi ve Egzersiz Kombinasyonu

Başka bir çalışmada, RYGB geçiren 22 kişinin kontrol grubunu, 31 kişinin whey protein takviyesi grubunu ve 23 kişinin takviye ile 18 haftalık kuvvet antrenmanı grubunu oluşturduğu, 6 ay süre ile takip edilen başka bir çalışmada, yağsız vücut kütlesi ve kas gücü incelenmiştir (11). Takviye alan gruba 48 gram whey proteini sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, takviye ve egzersiz grubunda kas gücü anlamlı bir şekilde artış gösterirken ($p<0,05$); yağsız vücut kütlesinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Sonuç

Çalışma sonuçları incelendiğinde; cerrahi müdahalenin türüne bakılmaksızın makro besin ögelerinden protein, mikro besin ögelerinden özellikle vitamin ve minerallerin takibi ve protokolleri bireye özgü obezite tedavisinin kritik aşamalarından biri olduğu söylenebilir. Bu nedenle operasyon sonrasına komplikasyonların önlenmesi, kas kütlesinin korunması ve nutrisyonel durumun optimal düzeyde sürdürülebilmesi için multidisipliner bir ekibin görev aldığı beslenme ve davranış değişikliği tedavisinin devamlılığı önem taşımaktadır.

Referanslar

1. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2025 [cited 2026 Aug 26].

2. Schwartz MW, Seeley RJ, Zeltser LM, Drewnowski A, Ravussin E, Redman LM, et al. Obesity Pathogenesis: An Endocrine Society Scientific Statement. Endocr Rev. 2017 Aug 1;38(4):267–96. doi:10.1210/er.2017-00111

3. Eisenberg D, Shikora SA, Aarts E, Aminian A, Angrisani L, Cohen R V., et al. 2022 American Society for Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS) and International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO): Indications for Metabolic and Bariatric Surgery. Surgery for Obesity and Related Diseases. 2022 Dec;18(12):1345–56. doi:10.1016/j.soard.2022.08.013

4. Consensus Development Conference Panel. NIH conference. Gastrointestinal surgery for severe obesity. Ann Intern Med. 1991 Dec 15;115(12):956–61. doi:10.7326/0003-4819-115-12-956.

5. Parrott J, Frank L, Rabena R, Craggs-Dino L, Isom KA, Greiman L. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery Integrated Health Nutritional Guidelines for the Surgical Weight Loss Patient 2016 Update: Micronutrients. Surgery for Obesity and Related Diseases. 2017 May;13(5):727–41. doi:10.1016/j.soard.2016.12.018

6. McBurney MI, Cho CE. Understanding the role of the human gut microbiome in overweight and obesity. Ann N Y Acad Sci. 2024 Oct;1540(1):61–88. doi:10.1111/nyas.15215.

7. O'Kane M, Parretti HM, Pinkney J, Welbourn R, Hughes CA, Mok J, et al. British Obesity and Metabolic Surgery Society Guidelines on perioperative and postoperative biochemical monitoring and micronutrient replacement for patients undergoing bariatric surgery—2020 update. Obes Rev. 2020 Nov;21(11):e13087. doi:10.1111/obr.13087.

8. Lakhani S V., Shah HN, Alexander K, Finelli FC, Kirkpatrick JR, Koch TR. Small intestinal bacterial overgrowth and thiamine deficiency after Roux-en-Y gastric bypass surgery in obese patients. 2008 May;28(5):293–8. doi:10.1016/j.nutres.2008.03.002

9. Carrasco F, Basfi-fer K, Rojas P, Csendes A, Papapietro K, Codoceo J, et al. Calcium absorption may be affected after either sleeve gastrectomy or Roux-en-Y gastric bypass in premenopausal women: a 2-y prospective study. Am J Clin Nutr. 2018 Jul;108(1):24–32. doi:10.1093/ajcn/nqy071

10. Alshamari S, Elsherif MA, Hanna F, El Akhal L, Abid H, Elhag W. The effect of protein supplements on weight loss, body composition, protein status, and micronutrients post laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG): A Randomised Controlled Trial (RCT). Annals of Medicine & Surgery. 2022 Feb;74. doi:10.1016/j.amsu.2021.103220

11. Oppert JM, Bellicha A, Roda C, Bouillot JL, Torcivia A, Clement K, et al. Resistance Training and Protein Supplementation Increase Strength After Bariatric Surgery: A Randomized Controlled Trial. Obesity (Silver Spring). 2018 Nov;26(11):1709–1720. doi:10.1002/oby.22317.

AYRILIK KAYGISI İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ ARASINDAKİ İLİŞKİDE YALNIZLIĞIN ARACI ROLÜ

Mihraç AYKANAT[1]

[1]İstanbul Arel Üniversitesi, Klinik Psikoloji, pskmihracayakanat@gmail.com, ORCID: 0009-0005-6372-1109

Özet

Bu araştırmanın amacı, yetişkin bireylerde ayrılık kaygısı ile psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkide yalnızlığın aracı rolünü incelemektir. Araştırma, nicel araştırma yaklaşımı kapsamında ilişkisel tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın örneklemini çevrim içi olarak araştırmaya katılmayı kabul eden 401 yetişkin birey oluşturmuştur. Katılımcıların 315'i kadın, 86'sı erkek olup yaşları 18–70 arasında değişmektedir. Verilerin toplanmasında Demografik Bilgi Formu, Ayrılma Anksiyetesi Belirti Envanteri (AABE), UCLA Yalnızlık Ölçeği Kısa Formu (ULS-8) ve Psikolojik İyi Oluş Ölçeği kullanılmıştır. Veriler betimsel istatistikler, Pearson korelasyon analizi, bağımsız örneklemler t-testi, tek yönlü varyans analizi ve Bootstrap temelli aracılık analizi ile değerlendirilmiştir. Bulgular yalnızlık ile psikolojik iyi oluş arasında negatif yönde, yalnızlık ile ayrılma anksiyetesi arasında pozitif yönde ve ayrılma anksiyetesi ile psikolojik iyi oluş arasında negatif yönde anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermiştir. Bootstrap analizinde dolaylı etkinin anlamlı bulunması, yalnızlığın araştırma değişkenleri arasındaki ilişkide aracı bir rol oynayabileceğine işaret etmiştir. Ayrıca ayrılma anksiyetesi puanlarının yaş, çalışma durumu ve gelir düzeyine; yalnızlık puanlarının cinsiyet, eğitim durumu ve gelir düzeyine; psikolojik iyi oluş puanlarının ise psikolojik destek alma durumu ve gelir düzeyine göre anlamlı biçimde farklılaştığı belirlenmiştir. Sonuçlar, ayrılık kaygısı yaşayan yetişkinlerin psikolojik iyi oluşları değerlendirilirken yalnızlık deneyiminin de dikkate alınmasının önemini göstermektedir. Araştırmanın kesitsel ve ilişkisel niteliği nedeniyle bulgular nedensel ilişkiler olarak yorumlanmamalıdır.

Anahtar kelimeler: Ayrılık kaygısı, yalnızlık, psikolojik iyi oluş, aracılık

THE MEDIATING ROLE OF LONELINESS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN SEPARATION ANXIETY AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING

Mihraç AYKANAT[1]

[1]Istanbul Arel University, Clinical Psychology, pskmihracayakanat@gmail.com, ORCID: 0009-0005-6372-1109

Abstract

This study aimed to examine the mediating role of loneliness in the relationship between separation anxiety and psychological well-being among adults. The study was conducted using a correlational survey design within a quantitative research approach. The sample consisted of 401 adults who voluntarily participated online; 315 were women and 86 were men, and their ages ranged from 18 to 70 years. Data were collected using a Demographic Information Form, the Separation Anxiety Symptom Inventory, the UCLA Loneliness Scale Short Form (ULS-8), and the Psychological Well-Being Scale. Descriptive statistics, Pearson correlation analysis, independent-samples t tests, one-way analysis of variance, and bootstrap-based mediation analysis were used. The findings indicated a significant negative association between loneliness and psychological well-being, a significant positive association between loneliness and separation anxiety, and a significant negative association between separation anxiety and psychological well-being. The bootstrap analysis indicated a significant indirect effect, suggesting that loneliness may play a mediating role in the relationships among the study variables. Separation anxiety scores also differed significantly by age, employment status, and income level; loneliness scores differed significantly by gender, education level, and income level; and psychological well-being scores differed significantly by psychological support status and income level. Overall, the findings suggest that separation anxiety is associated with psychological well-being and that loneliness may function as an explanatory mechanism in this relationship. Because the study is cross-sectional and correlational, the findings should not be interpreted as causal.

Keywords: Separation anxiety, loneliness, psychological well-being, mediation

1. GİRİŞ

Kişilerarası ilişkiler, yakınlık ve aidiyet duygusu bireyin psikolojik uyumu açısından temel bir öneme sahiptir. Psikolojik iyi oluş yalnızca olumsuz duyguların yokluğu olarak değil; bireyin kendisini kabul etmesi, başkalarıyla olumlu ilişkiler kurması, özerklik geliştirmesi, çevresini etkili biçimde yönetmesi, yaşam amacı oluşturması ve kişisel gelişimini sürdürmesi gibi boyutları içeren çok yönlü bir yapı olarak ele alınmaktadır (Ryff, 1989). Bu nedenle yakın ilişkilerde yaşanan güçlüklerin bireyin psikolojik iyi oluşuyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Ayrılık kaygısı, bireyin bağlandığı ve kendisi açısından önemli olan kişilerden ayrılma ya da bu kişileri kaybetme olasılığı karşısında yaşadığı yoğun korku, endişe ve sıkıntı ile karakterizedir. Ayrılık kaygısının yalnızca çocukluk dönemine özgü olmadığı, yetişkinlik döneminde de görülebildiği ve bireyin kişilerarası ilişkileri ile günlük işlevselliğini etkileyebildiği belirtilmektedir (American Psychiatric Association, 2013; Manicavasagar vd., 2003). Yetişkinlikte ayrılık kaygısının yakın ilişkilerde güvence arayışı, yalnız kalmakta zorlanma ve önemli kişilerin erişilebilirliğine ilişkin yoğun endişelerle birlikte görülebilmesi, bu yapının psikolojik iyi oluş açısından incelenmesini önemli hale getirmektedir.

Yalnızlık ise bireyin mevcut sosyal ilişkileri ile arzu ettiği ilişkiler arasındaki algılanan uyumsuzluktan doğan öznel bir yaşantıdır. Kişi sosyal çevre içinde bulunsa dahi ihtiyaç duyduğu yakınlığı ve duygusal bağı deneyimleyemediğinde yalnızlık yaşayabilir. Yalnızlığın psikolojik ve fiziksel sağlık açısından önemli sonuçlarla ilişkili olduğu ve daha düşük iyi oluş düzeyleriyle birlikte görülebildiği bildirilmektedir (Hawkley & Cacioppo, 2010; Mellor vd., 2008). Bu çerçevede yalnızlık, ayrılık kaygısının psikolojik iyi oluşla ilişkisinde açıklayıcı bir psikososyal mekanizma olarak değerlendirilebilir.

1.1. Kuramsal Çerçeve

Bağlanma kuramı, bireyin önemli kişilerle kurduğu bağların güvenlik ve duygusal destek gereksinimlerinin karşılanmasındaki rolünü vurgulamaktadır. Güvensiz bağlanma örüntülerinde ayrılık ve kayıp olasılığı daha yoğun bir tehdit olarak algılanabilir. Yetişkin bağlanma özellikleri ile ruh sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, bağlanma kaygısının yalnızlık gibi olumsuz psikolojik göstergelerle pozitif; yaşam doyumu ve benlik saygısı gibi olumlu göstergelerle negatif yönde ilişkili olabileceğini göstermektedir (Zhang vd., 2022).

Ayrılık kaygısı yüksek bireylerin önemli kişilerden uzak kalmaya ilişkin yoğun kaygı yaşamaları, duygusal yakınlık ve güvenlik gereksinimlerinin karşılanmadığına ilişkin algılarını artırabilir. Bunun sonucunda yalnızlık düzeyleri yükselebilir ve psikolojik iyi oluş olumsuz yönde etkilenebilir. Önceki araştırmalarda bağlanma özellikleri ile öznel iyi oluş arasındaki ilişkide yalnızlığın açıklayıcı rol üstlenebildiği bildirilmiştir (Zhang vd., 2016). Bu doğrultuda mevcut araştırmada ayrılık anksiyetesi bağımsız değişken, yalnızlık aracı değişken ve psikolojik iyi oluş bağımlı değişken olarak ele alınmıştır.

Araştırmanın temel amacı, yetişkinlerde ayrılık kaygısı ile psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkide yalnızlığın aracı rolünü incelemektir. Bu amaç doğrultusunda ayrılık kaygısının yalnızlıkla pozitif, psikolojik iyi oluşla negatif; yalnızlığın ise psikolojik iyi oluşla negatif yönde ilişkili olacağı ve yalnızlığın ayrılık kaygısı ile psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkide aracı rol oynayacağı öngörülmüştür.

2. YÖNTEM

Araştırma, nicel araştırma yaklaşımı kapsamında ilişkisel tarama modeli kullanılarak yürütülmüştür. Örneklem, çevrim içi ortamda araştırmaya katılmayı kabul eden ve gönüllü olarak yanıt veren yetişkin bireylerden kolayda örnekleme yöntemiyle oluşturulmuştur. Araştırmaya toplam 401 kişi katılmıştır. Katılımcıların 315'i (%78,6) kadın ve 86'sı (%21,4) erkektir. Katılımcıların 175'i (%43,6) 18–29, 144'ü (%35,9) 30–44 ve 82'si (%20,4) 45–70 yaş aralığındadır.

Verilerin toplanmasında Demografik Bilgi Formu, Ayrılma Anksiyetesi Belirti Envanteri (AABE), UCLA Yalnızlık Ölçeği Kısa Formu (ULS-8) ve Psikolojik İyi Oluş Ölçeği kullanılmıştır. Araştırma için gerekli etik kurul onayının alınmasının ardından katılımcılara dijital platformlar aracılığıyla ulaşılmış ve Google Forms üzerinden bilgilendirilmiş gönüllü onam alınmıştır. Veri toplama formunun tamamlanması yaklaşık 10–15 dakika sürmüştür.

Veriler IBM SPSS Statistics 26 paket programında analiz edilmiştir. Normal dağılıma uygunluk çarpıklık ve basıklık katsayıları üzerinden değerlendirilmiş; çarpıklık değerlerinin -0,866 ile 0,467, basıklık değerlerinin ise -0,727 ile 1,331 arasında olduğu görülmüştür. Katılımcı özellikleri için frekans ve yüzde; araştırma değişkenleri için ortalama ve standart sapma değerleri kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analiziyle; sosyodemografik gruplar arasındaki farklılıklar bağımsız örneklemler t-testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiştir. Ayrılık kaygısı ile psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkide yalnızlığın aracı rolü Bootstrap yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve anlamlılık düzeyi $p < ,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

Araştırmada ayrılık kaygısı, yalnızlık ve psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda yalnızlık ile psikolojik iyi oluş arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki (r = -,42), yalnızlık ile ayrılma anksiyetesi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki (r = ,31) ve ayrılma anksiyetesi ile psikolojik iyi oluş arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki (r = -,34) bulunmuştur. Buna göre ayrılma anksiyetesi yükseldikçe yalnızlık puanlarının artma, psikolojik iyi oluş puanlarının ise azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Araştırma değişkenleri arasındaki korelasyonlar

Değişken	1	2	3
1. Yalnızlık	1	-,42*	,31*
2. Psikolojik iyi oluş	-,42*	1	-,34*
3. Ayrılma anksiyetesi	,31*	-,34*	1

** İlişkiler istatistiksel olarak anlamlıdır.*

3.1. Aracılık ve Sosyodemografik Bulgular

Aracılık analizinde ayrılma anksiyetesinin yalnızlık üzerindeki doğrudan etkisinin pozitif yönde, ayrılma anksiyetesinin psikolojik iyi oluş üzerindeki doğrudan etkisinin ise negatif yönde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bootstrap analizinde dolaylı etkinin anlamlı bulunması, yalnızlığın araştırma değişkenleri arasındaki ilişkide aracı bir rol oynayabileceğine işaret etmiştir. Bununla birlikte, araştırmanın kesitsel tasarımı nedeniyle aracılık bulgusu nedensel bir süreç olarak yorumlanmamalıdır.

Sosyodemografik analizlerde ayrılma anksiyetesi puanlarının yaş, çalışma durumu ve gelir düzeyine göre; yalnızlık puanlarının cinsiyet, eğitim durumu ve gelir düzeyine göre; psikolojik iyi oluş puanlarının ise psikolojik destek alma durumu ve gelir düzeyine göre anlamlı biçimde farklılaştığı belirlenmiştir. Cinsiyet açısından erkek katılımcıların yalnızlık puan ortalamasının ($\bar{x}$ = 16,06) kadın katılımcıların ortalamasından ($\bar{x}$ = 14,07) daha yüksek olduğu bulunmuştur (t[399] = -3,600; p < ,001).

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Araştırma bulguları, ayrılma anksiyetesinin yalnızlıkla pozitif ve psikolojik iyi oluşla negatif yönde ilişkili olduğunu; yalnızlığın ise psikolojik iyi oluşla negatif yönde ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu örüntü, yetişkin bağlanması, yalnızlık ve iyi oluş arasındaki ilişkileri inceleyen önceki çalışmalarla genel olarak uyumludur. Ayrılık kaygısının yakın ilişkilerde güvence arayışı, terk edilme endişesi ve bağlanma figürünün erişilebilirliğine ilişkin hassasiyetle ilişkili olması, daha yüksek yalnızlık algısıyla birlikte görülmesini açıklayabilecek bir kuramsal çerçeve sunmaktadır.

Yalnızlık ile psikolojik iyi oluş arasındaki negatif ilişki, yalnızlığın bireyin olumlu psikolojik işleyişi açısından önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. Psikolojik iyi oluşun olumlu ilişkiler, kendini kabul, özerklik ve yaşam amacı gibi boyutları dikkate alındığında, yakın ilişkilerinde yoğun ayrılık tehdidi algılayan ve kendisini yalnız hisseden bireylerin daha düşük psikolojik iyi oluş bildirmeleri kuramsal açıdan anlaşılabilir görünmektedir (Ryff, 1989).

Araştırmanın aracılık bulgusu, ayrılık kaygısının psikolojik iyi oluşla ilişkisinde yalnızlığın açıklayıcı bir mekanizma olarak değerlendirilebileceğine işaret etmektedir. Klinik psikoloji ve psikolojik danışmanlık uygulamalarında ayrılık kaygısı yaşayan bireylerin yalnızlık algılarının, sosyal ilişkilerinin niteliğinin ve psikolojik iyi oluş düzeylerinin birlikte değerlendirilmesi, müdahale süreçlerinin daha bütüncül biçimde planlanmasına katkı sağlayabilir.

Araştırmanın sonuçları değerlendirilirken örneklemin kadın katılımcılar açısından ağırlıklı olması, verilerin öz-bildirim yoluyla toplanması, kolayda örnekleme yönteminin kullanılması ve araştırmanın kesitsel tasarıma sahip olması dikkate alınmalıdır. Bu özellikler sonuçların tüm yetişkin nüfusa genellenmesini ve değişkenler arasında nedensel yön kurulmasını sınırlandırmaktadır. Gelecek araştırmalarda daha dengeli örneklemlerle çalışılması, farklı yetişkinlik dönemlerinin ayrı ayrı incelenmesi ve boylamsal araştırma tasarımlarının kullanılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, yetişkinlerde ayrılık kaygısı, yalnızlık ve psikolojik iyi oluş arasında anlamlı bir ilişki örüntüsü bulunmaktadır. Ayrılık kaygısı arttıkça yalnızlığın artması ve psikolojik iyi oluşun azalması; yalnızlık arttıkça psikolojik iyi oluşun azalması, yakın ilişkilerde yaşanan ayrılık ve kayıp kaygısının bireyin sosyal bağlılık algısı ve olumlu psikolojik işleyişiyle birlikte ele alınmasının önemini göstermektedir.

KAYNAKLAR

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). American Psychiatric Publishing.

Hawkley, L. C., & Cacioppo, J. T. (2010). Loneliness matters: A theoretical and empirical review of consequences and mechanisms. Annals of Behavioral Medicine, 40(2), 218–227. https://doi.org/10.1007/s12160-010-9210-8

Manicavasagar, V., Silove, D., Wagner, R., & Drobny, J. (2003). A self-report questionnaire for measuring separation anxiety in adulthood. Comprehensive Psychiatry, 44(2), 146–153. https://doi.org/10.1053/comp.2003.50024

Mellor, D., Stokes, M., Firth, L., Hayashi, Y., & Cummins, R. (2008). Need for belonging, relationship satisfaction, loneliness, and life satisfaction. Personality and Individual Differences, 45(3), 213–218. https://doi.org/10.1016/j.paid.2008.03.020

Ryff, C. D. (1989). Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being. Journal of Personality and Social Psychology, 57(6), 1069–1081. https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.6.1069

Zhang, X., Chen, X., Ran, G., Hu, N., Guo, L., Cai, S., & Li, Q. (2016). Older adults' attachment affects their subjective well-being: The mediating role of loneliness and self-esteem. Psychological Development and Education, 32(6), 761–768.

Zhang, X., Li, J., Xie, F., Chen, X., Xu, W., & Hudson, N. W. (2022). The relationship between adult attachment and mental health: A meta-analysis. Journal of Personality and Social Psychology, 123(5), 1089–1137. https://doi.org/10.1037/pspp0000437.

FİZYOTERAPİSTLERDE REHABİLİTASYON TEKNOLOJİLERİNE YÖNELİK FARKINDALIK, KLİNİK KULLANIM VE GEREKSİNİMLERİN İNCELENMESİ: PİLOT ÇALIŞMA

Fzt, Çağla SOYCAN[1], Dr.Öğr.Üyesi, Gönül ERTUNÇ GÜLÇELİK[2]

[1]Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye. E-posta: 250407004@kocaelisaglik.edu.tr , ORCID: 000900097869793X

[2]Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kocaeli, Türkiye. E-posta: gonul.ertunc@kocaelisaglik.edu.tr , ORCID: 0000000283191599

Özet

Bu pilot çalışmanın amacı, fizyoterapistlerin rehabilitasyon teknolojilerine yönelik farkındalık, erişim ve klinik kullanım durumlarını incelemek; teknoloji destekli klinik değerlendirme yöntemlerinin kullanımını, kullanımını sınırlayan faktörleri ve klinik değerlendirme olanaklarının geliştirilmesine yönelik gereksinimleri belirlemektir. Araştırmaya mesleki uygulamalarını sürdüren 16 fizyoterapist dahil edildi. Veriler, literatür doğrultusunda araştırmacılar tarafından oluşturulan 11 soruluk Fizyoterapistlere Yönelik Mesleki Uygulamalar Değerlendirme Formu kullanılarak çevrimiçi olarak toplandı. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler kullanıldı ve kategorik değişkenler sayı (n) ve yüzde (%) olarak sunuldu. Katılımcıların %50,0'ının rehabilitasyon teknolojilerine yönelik farkındalık düzeyi yüksek veya çok yüksek olmasına karşın, yalnızca %18,8'inin çalıştığı kurumda bu teknolojilere yüksek düzeyde erişime sahip olduğu belirlendi. Rehabilitasyon teknolojilerini klinik uygulamalarında sıklıkla kullananların oranı %25,0 olup, teknolojilerin en sık tedavi-egzersiz amacıyla (%50,0) kullanıldığı görüldü. Katılımcıların %37,5'i objektif ve sayısal veri sağlayan teknolojik araçları hiçbir zaman, %25,0'ı ise nadiren kullandığını bildirdi. Teknoloji destekli değerlendirme yöntemlerinin kullanımını sınırlayan en önemli faktörler yüksek maliyet (%56,3) ve teknolojiye erişimin yetersizliği (%31,3) olarak belirlendi. Katılımcıların %75,0'ı mevcut klinik değerlendirme yöntemlerini objektif ve sayısal veri sağlama açısından yetersiz veya kısmen yeterli bulurken, %75,0'ı klinik değerlendirme olanaklarının geliştirilmesine yüksek veya çok yüksek düzeyde ihtiyaç olduğunu belirtti. Sonuç olarak, fizyoterapistlerin rehabilitasyon teknolojilerine yönelik farkındalıklarının görece yüksek olmasına rağmen, teknolojiye erişimin ve özellikle objektif değerlendirme amacıyla klinik kullanımın sınırlı olduğu görüldü. Rehabilitasyon teknolojilerine erişimin artırılması ve klinik kullanıma uygun, ulaşılabilir değerlendirme teknolojilerinin yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Fizyoterapi, rehabilitasyon teknolojileri, dijital sağlık, klinik değerlendirme, teknoloji kullanımı

AWARENESS, CLINICAL USE, AND NEEDS REGARDING REHABILITATION TECHNOLOGIES AMONG PHYSIOTHERAPISTS: A PILOT STUDY

Abstract

This pilot study aimed to investigate physiotherapists' awareness of, access to, and clinical use of rehabilitation technologies and to identify the use of technology-assisted clinical assessment methods, factors limiting their use, and the need to improve clinical assessment opportunities. The study included 16 physiotherapists actively engaged in professional practice. Data were collected online using the 11-item Professional Practice Evaluation Form for Physiotherapists, developed by the researchers based on the relevant literature. Descriptive statistics were used, and categorical variables were presented as numbers (n) and percentages (%). Although 50.0% of the participants reported high or very high awareness of rehabilitation technologies, only 18.8% reported a high level of access to these technologies in their institutions. The proportion of participants who frequently used rehabilitation technologies in clinical practice was 25.0%, and the most common purpose of use was treatment-exercise (50.0%). Of the participants, 37.5% reported never using technological tools that provide objective and quantitative data, while 25.0% reported rarely using them. The main factors limiting the use of technology-assisted assessment methods were high cost (56.3%) and inadequate access to technology (31.3%). While 75.0% of participants considered their current clinical assessment methods inadequate or partially adequate in providing objective and quantitative data, 75.0% reported a high or very high need to improve clinical assessment opportunities. In conclusion, despite relatively high awareness of rehabilitation technologies among physiotherapists, access to these technologies and their clinical use, particularly for objective assessment, remained limited. Increasing access to rehabilitation technologies and promoting accessible assessment technologies suitable for clinical practice are recommended.

Keywords: Physiotherapy, rehabilitation technologies, digital health, clinical assessment, technology use

NUTRITIONAL MANAGEMENT IN GLP-1-BASED OBESITY TREATMENTS: CURRENT EVIDENCE ON ENERGY AND NUTRIENT INTAKE AND PRESERVATION OF LEAN BODY MASS

Asst. Prof. Dr. Taha Gökmen ÜLGER

[1]Bolu Abant Izzet Baysal University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Bolu, Türkiye, tahagokmenulger @ibu.edu.tr, 0000-0002-7751-9789

Abstract

Objective: Glucagon-like peptide-1 (GLP-1) receptor agonists and dual glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP)/GLP-1 receptor agonists have emerged as effective pharmacological approaches for achieving clinically meaningful weight loss in obesity. However, treatment-related reductions in appetite and energy intake raise concerns regarding nutrient adequacy and preservation of lean mass. This abstract aimed to evaluate current evidence on the effects of GLP-1-based obesity treatments on energy and nutrient intake and body composition and to identify key components of nutritional management. **Methods:** PubMed, Scopus, and Web of Science were systematically searched for studies published between January 2020 and August 2026. Search terms related to GLP-1-based therapies were combined with terms addressing food intake, energy and nutrient intake, nutritional status, body composition, lean mass, and skeletal muscle. Clinical studies evaluating relevant outcomes in adults with overweight or obesity were prioritized. **Results:** Current evidence indicates that GLP-1-based therapies substantially reduce appetite and energy intake. However, evidence regarding long-term diet quality and protein and micronutrient adequacy remains limited. Body composition studies indicate that although most weight loss is attributable to reductions in fat mass, decreases in lean mass also occur. The magnitude of lean mass loss varies according to pharmacological agent, baseline body composition, degree of weight loss, and assessment method. Evidence evaluating optimal protein intake and nutritional interventions specifically designed to preserve lean mass during GLP-1-based treatment remains scarce. **Conclusion:** Clinical monitoring during GLP-1-based obesity treatment should extend beyond the magnitude of weight loss to consider the quality of weight loss and nutritional adequacy. Individualized nutritional management, adequate protein and nutrient intake, and body composition monitoring may be particularly important in individuals at increased risk of lean mass loss or nutritional inadequacy. Controlled intervention studies are needed to establish evidence-based nutritional protocols for GLP-1-based obesity treatments.

Keywords: GLP-1, obesity, nutritional management, energy intake, protein, lean mass

MOLEKÜLER SALINIM TEKNOLOJİSİ VE TUZLULUĞUN DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE CHRISTIANSEN YEKNESAKLIK KATSAYISI ÜZERİNDEKİ ETKİLEŞİMİ

Prof. Dr. Servet TEKİN[1]

[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, servettekin@yahoo.com mail, https://orcid.org/0000-0002-5691-2549

Özet

Tuzlu sulama suyu nedeniyle oluşan damlatıcı tıkanmaları, damla sulama sistemlerinde hidrolik performansın ve su dağılım yeknesaklığının azalmasına neden olan en önemli sorunlardan biridir. Bu çalışmada, Moleküler Salınım Teknolojisi (Merus Halkası)'nın tuzlu su koşullarında çalışan damla sulama sistemlerinin Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (CU) üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma, 2019 ve 2020 yıllarında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarında kontrollü koşullarda yürütülmüştür. Denemede iki konu ele alınmıştır: tuzlu su (TS) ve Merus halkası tuzlu su (M-TS). Elektriksel iletkenliği (ECw) 4.0 dS m^{-1} olan sulama suyu, 16 mm çapında, 2 L h^{-1} debili ve 50 cm damlatıcı aralığına sahip içten geçik damla sulama laterallerine uygulanmıştır. Her konuya yılda 40 sulama programı uygulanmış, Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (CU) 1., 10., 20., 30. ve 40. sulamalarda belirlenmiştir. Tuzlu su (TS) konusunda hidrolik performansın zamanla azaldığı belirlenmiştir. Ortalama CU değeri 2019 yılında %99.1 iken, 2020 yılında %96.4'e düşmüş; en düşük değer ise 40. sulamada %92.8 olarak belirlenmiş ve damlatıcı tıkanıklığının arttığı görülmüştür. Bu durum, tuzlu su kullanımına bağlı damlatıcı tıkanıklığının zamanla arttığını ve su dağılım yeknesaklığını olumsuz etkilediğini göstermektedir. Buna karşılık, M-TS konusunda CU değerleri her iki yılda %98.7 – 99.2 aralığında gerçekleşmiş, yıllık ortalamalar sırasıyla %99.1 ve %99.0 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Merus Halkası uygulamasının tuzlu sulama suyundan kaynaklanan damlatıcı tıkanıklığını önemli ölçüde sınırlandırarak iki yıllık çalışma süresince sistemin yüksek su dağılım yeknesaklığını ve hidrolik performansını koruduğunu ortaya koymuştur. Tuzlu su uygulamalarında gözlenen performans kayıpları ile karşılaştırıldığında, Merus teknolojisinin damlatıcı debi kararlılığını artırdığı ve sulama sisteminin uzun dönemli işletme güvenilirliğini desteklediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Moleküler Salınım Teknolojisinin tuzlu su kullanılan damla sulama sistemlerinde damlatıcı performansını koruyarak kimyasal temizleme gereksinimini azaltabilecek, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Merus Halkası, özellikle tuzluluk kaynaklı damlatıcı tıkanıklığının yaygın olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulama sistemlerinin performansını korumaya yönelik yenilikçi ve uygulanabilir bir alternatif olarak değerlendirilebilir.

Anahtar kelimeler: Damla sulama, tuzlu sulama suyu, Merus Halkası, Christiansen Yeknesaklık Katsayısı, damlatıcı tıkanıklığı

INTERACTION OF MOLECULAR OSCILLATION TECHNOLOGY AND SALINITY ON THE CHRISTIANSEN UNIFORMITY COEFFICIENT IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS

Abstract

Emitter clogging caused by saline irrigation water is one of the major factors reducing the hydraulic performance and water distribution uniformity of drip irrigation systems. This study investigated the effects of Molecular Oscillation Technology (Merus Ring) on the Christiansen Uniformity Coefficient (CU) of drip irrigation systems operating under saline water conditions. The experiment was conducted under controlled laboratory conditions at the Department of Biosystems Engineering, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, during the 2019 and 2020irrigation seasons. Two treatments were evaluated: saline water (TS) and saline water treated with the Merus Ring (M-TS). Irrigation water with an electrical conductivity (ECw) of 4.0 dS m^{-1} was applied through 16 mm inline drip laterals with a nominal discharge of 2 L h^{-1} and an emitter spacing of 50 cm. Each treatment received 40 irrigation events annually, and the Christiansen Uniformity Coefficient (CU) was determined after the 1st, 10th, 20th, 30th, and 40th irrigation events. The TS treatment exhibited a gradual decline in hydraulic performance over time. The average CU decreased from 99.1% in 2019 to 96.4% in 2024, while the lowest value (92.8%) was recorded after the 40th irrigation, indicating a progressive increase in emitter clogging and a corresponding deterioration in water distribution uniformity. In contrast, CU values in the M-TS treatment remained consistently high, ranging from 98.7% to 99.2%, with annual averages of 99.1% and 99.0% in 2019 and 2020, respectively. Overall, the results demonstrate that the Merus Ring substantially reduced emitter clogging induced by saline irrigation water and maintained high hydraulic performance and water distribution uniformity throughout the two-year experimental period. Compared with the untreated saline water system, the Merus-treated system exhibited greater emitter discharge stability and improved long-term operational reliability. These results indicate that Molecular Release Technology may help maintain emitter performance in drip irrigation systems using saline water, thereby reducing the need for chemical cleaning and offering an environmentally friendly and sustainable approach. The Merus Ring can be considered an innovative and practical alternative for maintaining irrigation system performance, particularly in arid and semi-arid regions where salinity-induced emitter clogging is common.

Keywords: Drip irrigation, saline irrigation water, Merus Ring, Christiansen Uniformity Coefficient, emitter

1. GİRİŞ

Tarım sektöründe kullanılabilir su kaynaklarının miktar ve kalite bakımından sınırlanması, düşük kaliteli ve özellikle tuzluluğu yüksek suların kontrollü biçimde değerlendirilmesini zorunlu hâle getirmektedir. Damla sulama, suyun doğrudan kök bölgesine düşük debilerle ve sık aralıklarla uygulanmasına olanak sağlayarak su kullanım etkinliğini yükselten başlıca mikro-sulama yöntemlerinden biridir. Bununla birlikte damla sulama sistemlerinin üstünlüğü, küçük akış kesitlerine sahip damlatıcıların su kalitesine ve işletme koşullarına duyarlılığı nedeniyle önemli bir işletme riski taşır. Damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması, yalnızca tek bir çıkış noktasının debisini değil, lateral boyunca suyun dağılımını ve dolayısıyla sistemin yeknesaklığını da değiştirebilir (Hills ve ark., 1998; Shi ve ark., 2022; Lİ ve ark., 2019; Lili ve ark., 2016).

Tuzlu sulama suyunda tıkanma riski özellikle kimyasal çökelme mekanizmalarıyla ilişkilidir. Suda çözünmüş Ca, Mg, HCO_3, CO_3, SO_4 ve benzeri iyonların pH, sıcaklık, iyonik kuvvet ve basınç koşullarındaki değişimlerle birlikte yeniden birleşmesi, damlatıcı akış yollarında karbonat ve diğer mineral çökeltilerinin oluşmasına yol açabilir. Literatürde $CaCO_3$ ile Ca-Mg karbonatlarının tuzlu su kullanılan damla sulama sistemlerindeki kimyasal tıkanmanın başlıca bileşenleri arasında bulunduğu bildirilmiştir (Li ve ark., 2019; Zhou ve ark., 2024). Çökelti oluşumu akış yolunun hidrolik çapını azaltırken yüzey pürüzlülüğünü artırabilir ve böylece debi kaybı ile debi farklılığını zaman içinde büyütebilir.

Christiansen yeknesaklık katsayısı (CU), damlatıcılardan elde edilen debilerin ortalama debi etrafındaki mutlak sapmalarını esas alan ve sulama suyunun ne ölçüde homojen dağıldığını tek bir yüzde değeriyle ifade eden klasik bir performans göstergesidir. CU değeri 100'e yaklaştıkça dağılım daha homojen, sıfıra yaklaştıkça daha düzensizdir (Christiansen, 1942; ASEA, 2003).

Moleküler salınım teknolojisi, endüstriyel su sistemlerinde kireçlenme ve yüzey birikimini azaltma amacıyla kullanılan, boru hattına harici olarak monte edilebilen bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. Merus Halkasının üretici ve önceki araştırmalardaki açıklamasında teknolojinin klasik elektromıknatıs veya sürekli manyetik alan uygulamasından farklı olduğu; modüle edilmiş moleküler/latis salınımları kavramı üzerinden çalıştığının ileri sürüldüğü görülmektedir (Barati ve

ark., 2014; MERUS GmbH, 2023; Tekin ve Yazar, 2025) Ancak bu mekanizmanın su kimyası ve çökelme kinetiği üzerindeki etkisi, farklı çalışma koşullarında bağımsız olarak doğrulanması gereken bir hipotez niteliğindedir. Bu nedenle bilimsel değerlendirmede cihazın etkisi ile mekanizma iddiasının birbirinden ayrılması önemlidir.

Barati ve ark. (2014)'de yürüttükleri çalışmalarında, Merus Halkası kullanımının farklı tuzluluk düzeylerinde damlatıcı tıkanmasını azaltabileceğini bildiren erken dönem deneysel çalışmalardan birini sunmuştur. Daha yakın tarihli çalışmalar da fiziksel/manyetik su şartlandırmasının tuzlu suyla çalışan damla sulama sistemlerinde debi, değişim katsayısı ve emisyon yeknesaklığı üzerinde sınırlı fakat ölçülebilir iyileşmeler sağlayabildiğini göstermiştir (Abdelsalam ve ark., 2024). Merus Halkasının hem tatlı hem de tuzlu su koşullarında performans göstergelerini iyileştirebildiğini; ancak tuzlu su altında asit enjeksiyonunun tıkanmayı önlemede daha etkili olduğunu bildirmiştir (Tekin ve Yazar, 2025). Bu sonuçlar, moleküler salınım teknolojisinin "tek başına kesin çözüm" olarak değil, su kalitesi ve bakım stratejileriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın özgün yönü, doğrudan aynı sistemde M-TS ve kontrol uygulamalarını tekrarlı sulama zamanları boyunca izleyerek CU'nun zamansal davranışını ortaya koymasıdır. Böylece yalnızca başlangıç veya tek bir son ölçüm üzerinden karar vermek yerine, sulama sayısı arttıkça sistem performansının nasıl etkilendiğini incelenmektedir.

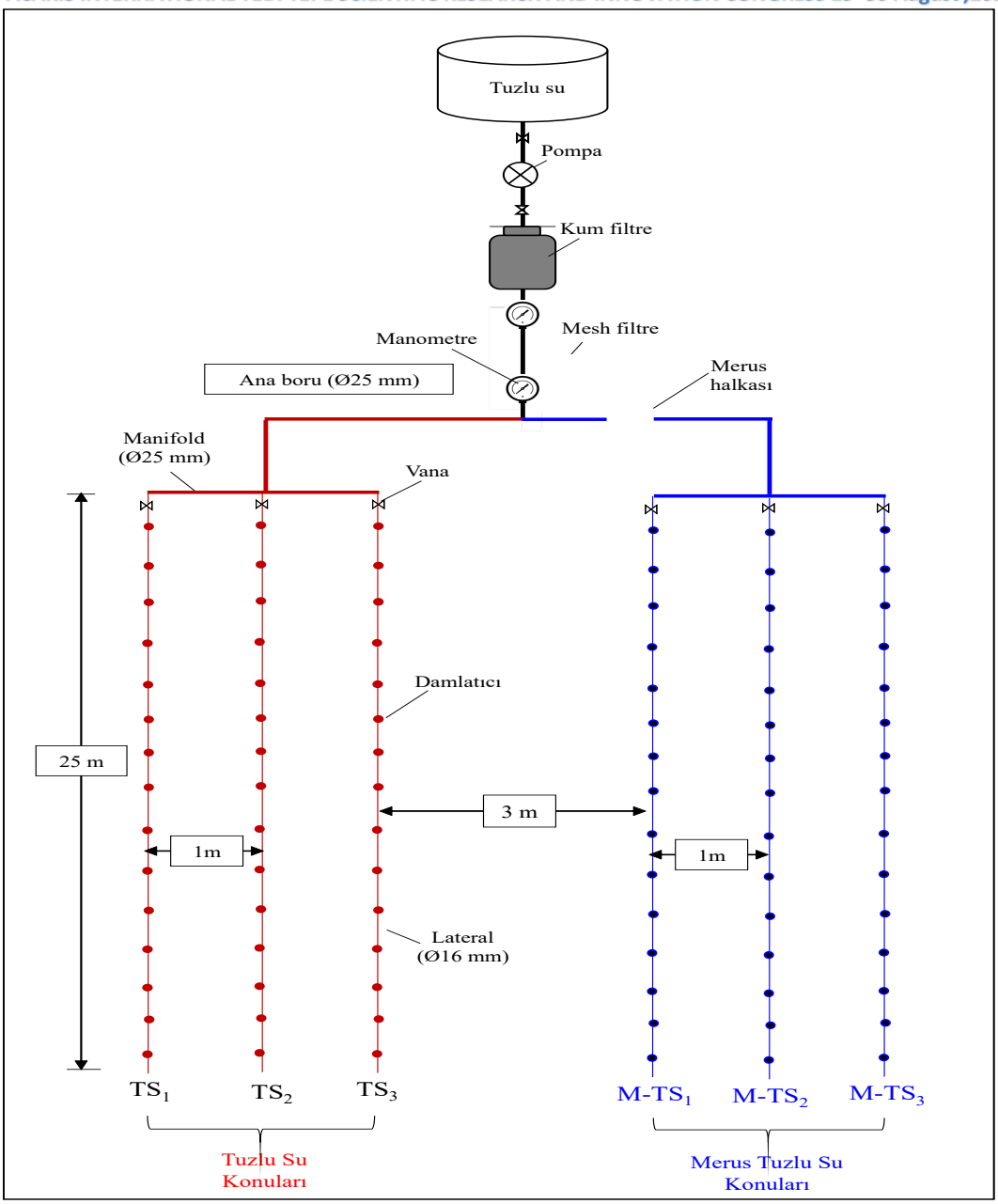
1.1. Kuramsal Çerçeve

Damla sulama sistemlerinde tuzlu su kullanımı, damlatıcı akış yollarında çökelme ve kısmi tıkanıklıklara neden olarak debi değişkenliğini artırabilmekte ve su dağılım yeknesaklığını azaltabilmektedir. Bu performans değişiminin değerlendirilmesinde Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (CU) önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, tekrarlı tuzlu su uygulamalarının sulama zamanına bağlı olarak CU değerlerini azaltacağı; Moleküler Salınım Teknolojisi (Merus Halkası) uygulamasının ise damlatıcı debilerindeki değişimi ve CU kaybını sınırlayabileceği varsayımına dayanmaktadır. Ayrıca, teknolojinin etkisinin sulama zamanından bağımsız olmadığı ve uygulama x sulama zamanı etkileşiminin sistem performansının değerlendirilmesinde önemli olduğu kabul edilmektedir. Bu kapsamda Moleküler Salınım Teknolojisi, moleküler mekanizması doğrudan açıklanmadan, damlatıcı debisi ve CU gibi ölçülebilir hidrolik performans göstergeleri üzerinden değerlendirilmiştir. Teknolojinin çökelme mekanizması üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için ise gelecekte çökelti analizi ve suyun iyonik özelliklerine yönelik ayrıntılı çalışmalar gerekmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Yeri ve Deneme Koşulları

Araştırma, 2019 ve 2020 yıllarında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama Laboratuvarında kontrollü koşullar altında yürütülmüştür. Denemelerin kapalı laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesiyle sıcaklık, rüzgar, yağış ve güneş ışınımı gibi dış çevresel faktörlerin damla sulama sisteminin hidrolik performansı üzerindeki olası etkileri en aza indirilmiştir. Deneme, üç tekerrürlü tesadüf bloklarında bölünmüş-bölünmüş parseller deneme düzenine göre kurulmuştur. Her tekerrürde bağımsız ancak aynı teknik özelliklere sahip damla sulama lateralleri kullanılmıştır. Hidrolik performans değerlendirmelerinde her lateral üzerindeki 28 damlatıcının debisi ayrı ayrı ölçülmüştür. Sistemde 16 mm dış çapa sahip polietilen lateraller kullanılmıştır. Lateraller 25 m uzunluğunda olup, damlatıcı aralığı 0.50 m ve nominal damlatıcı debisi 2,0 L h^{-1} olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Deneme düzeneği; 500 L kapasiteli su hazırlama tankı, santrifüj pompa, su sayacı, disk filtre, manometre, ana boru, manifold ve damla sulama laterallerinden oluşturulmuştur. Tüm uygulamalarda sistem basıncı 100 kPa'da sabit tutulmuş ve böylece uygulamalar arasındaki hidrolik farklılıkların işletme basıncından kaynaklanması önlenmiştir.



Şekil 1. Deneme konularının ve damla sulama sisteminin şematik gösterimi

2.2. Deneme Konuları

Araştırmada, Moleküler Salınım Teknolojisinin (Merus Halkası) tuzlu sulama koşullarında damlatıcıların hidrolik performansı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla iki uygulama oluşturulmuştur. Kontrol uygulamasında (TS), EC değeri 4.0 dS m^{-1} olan tuzlu su doğrudan sisteme uygulanırken, M-TS uygulamasında aynı özellikteki su Merus Halkası kullanılarak sisteme verilmiştir (Şekil 1). Her iki uygulamada su kalitesi, işletme basıncı, lateral ve damlatıcı özellikleri ile diğer işletme koşulları sabit tutulmuştur.

Deneme iki yıl sürdürülmüş, her yıl 40 sulama gerçekleştirilmiş ve hidrolik performans 1., 10., 20., 30. ve 40. sulamalarda değerlendirilmiştir. Sulama suyu, EC değeri yaklaşık 0.24 dS m^{-1} olan şebeke suyundan hazırlanmış ve Kanber ve Ünlü (2010) esaslarına göre NaCl ilavesiyle EC 4.0 dS m^{-1}, Na/(Ca+Mg) oranı 1 ve SAR 5 olacak şekilde düzenlenmiştir. Tuzlu su 500 L kapasiteli tankta hazırlanarak santrifüj pompa ile sisteme uygulanmış, her sulama öncesinde EC ölçülerek hedef tuzluluk düzeyi kontrol edilmiştir. Deneme süresince suyun EC ve kimyasal bileşiminin önemli ölçüde değişmediği belirlenmiştir. Toplam sulama suyu miktarı su sayaçlarıyla izlenmiş; ilk yıl TS ve M-TS uygulamalarında sırasıyla 301.2

ve 301.3 m^3, ikinci yıl ise 302.5 ve 303.2 m^3 olarak ölçülmüştür. Uygulamalar arasındaki küçük farklılıkların işletme ve ölçüm kaynaklı olduğu ve hidrolik performansı önemli ölçüde etkilemediği kabul edilmiştir.

Araştırmada, Merus GmbH tarafından üretilen 50 mm (2") çapındaki Merus Halkası kullanılmıştır. Silisyum dioksit–alüminyum alaşımından oluşan halka, damla sulama laterallerinin girişindeki ana borunun dış yüzeyine, boru hattında herhangi bir değişiklik yapılmadan monte edilmiştir. Deneme süresince cihaz, fiziksel etkilere karşı alüminyum folyo ile kaplanmıştır.

2.3. Tuzlu Sulama Suyunun Kimyasal Özellikleri

Araştırmada kullanılan sulama suyunun kimyasal özellikleri deney süresince düzenli aralıklarla analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Analiz sonuçları, sulama suyunun her iki yılda da hedeflenen kalite özelliklerini koruduğunu göstermiştir. EC değerleri 3.98 - 4.10 dS m^{-1} arasında değişerek hedeflenen 4.0 dS m^{-1} düzeyinde kalmış, pH yaklaşık 8.0 olarak sabit seyretmiştir. Ca, Mg, Na, HCO_3^- ve Cl konsantrasyonlarının yıllar arasında benzer olması, su kalitesinde önemli bir değişim olmadığını göstermektedir. SAR değerleri 6.5 - 7.6 arasında değişmiş ve suyun orta düzeyde sodyum riski taşıdığını ortaya koymuştur. Bu koşullar, damlatıcı performansındaki değişimlerin su kalitesinden ziyade uygulamalara bağlanabilmesi için uygun bir deney ortamı sağlamıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan tuzlu sulama suyunun 2019 ve 2020 yıllarındaki farklı örnekleme zamanlarına ait kimyasal analiz sonuçları

Parametreler	1. Sulama		20. Sulama		30. Sulama		40. Sulama	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
ECw, dS/m	4.02	4.02	3.98	3.98	4.00	4.00	4.10	4.1
pH	8.10	8.1	7.96	7.96	7.98	7.98	8.17	8.17
Ca, me/L	4.12	4.12	4.07	4.07	4.10	4.1	4.19	4.19
Mg, me/L	9.50	9.5	8.27	8.27	8.31	8.31	8.52	8.52
Na, me/L	24.2	24.2	26.30	26.3	26.26	26.26	27.06	27.06
K, me/L	0.65	0.65	0.53	0.53	0.59	0.59	0.55	0.55
CO_3, me/L	0.26	0.26	0.25	0.25	0.20	0.2	0.26	0.26
HCO_3, me/L	4.30	4.3	4.14	4.14	4.19	4.19	4.27	4.27
Cl, me/L	27.12	27.12	27.07	27.07	26.12	26.12	27.89	27.89
SO_4, me/L	6.79	6.79	7.72	7.72	7.76	7.76	7.91	7.91
SAR	6.56	6.56	7.49	7.49	7.45	7.45	7.59	7.59

2.4. Christiansen Yeknesaklık Katsayısının (CU) Hesaplanması

Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (CU), suyun lateral üzerinde damlatıcılarda nasıl eş dağıldığını gösteren performans göstergesidir. Çalışanda CU değerleri Christiansen (1942) tarafından geliştirilen aşağıdaki Eşitlik 3.3 ile belirlenmiştir. Wu ve Gitlin (1974), damla sulama lateralleri için CU değerinin % 95 değerinin uygun olmasının nedeni lateral üzerindeki en yüksek ve en düşük damlatıcı debileri arasındaki farkın, ortalama debinin % 20'sine eşit olduğunda eş dağılım katsayısının yaklaşık CU değeri % 95 olmaktadır. Buna karşın, damla sulama yönteminin yaygın olarak topraktaki nem eksikliğine duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılması ve bitki besin maddelerinin sulama suyuna karıştırılarak uygulanması nedeniyle bu koşulun lateral boyunca yeterli düzeyde yeknesak su dağılımı sağlanamayacağını savunan Korukçu (1980) CU değerinin

≥ %97.5 koşulunu önermiştir. Yukarıdaki araştırmacıların önerisi doğrultusunda çalışmada elde edilen CU değerleri sınıflandırmasında, Wu ve Gitlin (1974)'deki damla sulama lateralleri için CU = % 95 değeri ve Korukçu (1980) CU = % 97.5 değeri sınıflandırmada dikkate alınmıştır. CU değeri Wu ve Gitlin (1974)'deki ≥%95 ve Korukçu (1980) ≥% 97.5 olduğu durumda sınıflandırmada "+", bu değerlerden düşük olması durumunda "–" ifade kullanılmıştır.

$$CU = \left[1 - \left(\frac{\sum_i^n |q_i - \bar{q}|}{n \cdot q}\right)\right] \quad (1)$$

Eşitlikte, CU: Christiansen yeknesaklık katsayısı, %; $\bar{q}$: ortalama damlatıcı debisi (L/h); qi: başlangıç damlatıcı debisi, L h^{-1} ve n: damlatıcı sayısı, adet'dir.

3. BULGULAR

Damla sulama sistemlerinin su dağılım performansı, Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (CU) üzerinden değerlendirilmiştir. CU değerlerinin sınıflandırılmasında Wu ve Gitlin (1974) tarafından önerilen ≥%95 ve Korukçu (1980) tarafından önerilen ≥%97.5 eşik değerleri esas alınmıştır. Buna göre, söz konusu eşik değerleri sağlayan uygulamalar "+", altında kalanlar ise "–" olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 2 ve3).

Tablo 2. Tuzlu su (TS) konusunun 2019 ve 2020 yıllarındaki farklı sulama dönemlerine ait Christiansen yeknesaklık katsayısı (CU) değerleri ve sınıflandırılması

Sulama no	TS konusu					
	2019			2020		
	CU, %	Sınıflandırma		CU, %	Sınıflandırma	
		Wu ve Gitlin (1974)*	Korukçu (1980)**		Wu ve Gitlin (1974)	Korukçu (1980)
1. sulama	99.2	+	+	96.8	+	-
10. sulama	99.3	+	+	98.1	+	+
20. sulama	99.3	+	+	96.7	+	-
30. sulama	99.2	+	+	97.4	+	-
40. sulama	98.6	+	+	92.8	-	-
Ortalama	99.1	+	+	96.4	+	-

*Wu ve Gitlin (1974): += CU ≥%95 koşulunu sağlayan damlatıcılar, - = CU <%95 koşulunu sağlamayan damlatıcılar, ** Korukçu (1980): += CU ≥%97.5 koşulunu sağlayan damlatıcılar, - = CU <%97.5 koşulunu sağlamayan damlatıcılar.

Tablo 3. Merus tuzlu su (M-TS) konusunun 2019 ve 2020 yıllarındaki farklı sulama dönemlerine ait Christiansen yeknesaklık katsayısı (CU) değerleri ve sınıflandırılması

Sulama no	TS konusu					
	2019			2020		
	CU, %	Sınıflandırma		CU, %	Sınıflandırma	
		Wu ve Gitlin (1974)*	Korukçu (1980)**		Wu ve Gitlin (1974)	Korukçu (1980)
1. sulama	99.2	+	+	99.1	+	+
10. sulama	99.1	+	+	99.1	+	+
20. sulama	99.2	+	+	99.0	+	+
30. sulama	99.2	+	+	98.9	+	+
40. sulama	98.7	+	+	99.1	+	+
Ortalama	99.1	+	+	99.0	+	+

*Wu ve Gitlin (1974): += CU ≥%95 koşulunu sağlayan damlatıcılar, - = CU <%95 koşulunu sağlamayan damlatıcılar, ** Korukçu (1980): += CU ≥%97.5 koşulunu sağlayan damlatıcılar, - = CU <%97.5 koşulunu sağlamayan damlatıcılar.

Tuzlu su (TS) uygulaması incelendiğinde, 2019 yılında CU değerlerinin sulama dönemleri arasında %98.6 - 99.3 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek CU değeri 10. ve 20. sulamalarda %99.3, en düşük değer ise 40. sulamada %98.6 olarak elde edilmiştir. Bu yılda tüm sulama dönemleri hem Wu ve Gitlin (1974) hem de Korukçu (1980) tarafından önerilen sınıflandırma sınırlarını sağlamıştır. 2020 yılında TS uygulamasında CU değerleri %92.8–98.1 arasında değişmiştir. En yüksek değer 10. sulamada %98.1, en düşük değer ise 40. sulamada %92.8 olarak belirlenmiştir. Wu ve Gitlin (1974) kriterine göre 1., 10., 20. ve 30. sulamalarda CU değerleri %95'in üzerinde kalırken, 40. sulamada bu eşik değerin altına düşmüştür. Korukçu (1980) kriterine göre ise yalnızca 10. sulamada CU değeri %97.5'in üzerinde gerçekleşmiş; 1., 20., 30. ve 40. sulamalarda bu sınır sağlanmamıştır. Yıllık ortalama CU değeri 2019 yılında %99.1 iken 2020 yılında %96.4 olarak hesaplanmıştır. Buna göre yıllar arasındaki ortalama CU azalması %2.7 puan olmuştur.

Merus tuzlu su (M-TS) uygulamasında ise CU değerlerinin iki yıl boyunca oldukça dar bir aralıkta değiştiği görülmüştür. 2019 yılında CU değerleri %98.7 - 99.2, 2020 yılında ise %98.9–99.1 arasında gerçekleşmiştir. İlk yılda en düşük CU değeri 40. sulamada (%98.7), ikinci yılda ise 30. sulamada (%98.9) belirlenmiştir. Her iki yılda da tüm sulama dönemlerindeki CU değerleri hem Wu ve Gitlin (1974) hem de Korukçu (1980) tarafından önerilen eşik değerlerin üzerinde kalmıştır. M-TS uygulamasında yıllık ortalama CU değeri 2019 yılında %99.1, 2020 yılında %99.0 olarak belirlenmiş ve iki yıl arasındaki değişim yalnızca 0.1 puan olmuştur. Buna karşılık TS uygulamasında ortalama CU değerinin %99.1'den %96.4'e gerilemesi, yıllar ve sulama dönemleri boyunca daha yüksek bir değişkenliğe işaret etmiştir. Özellikle 2020 yılındaki 40. sulamada TS uygulamasında CU'nun %92.8'e düşmesine karşın M-TS uygulamasında %99.1 düzeyinde kalması, iki uygulama arasındaki performans farkının uzun süreli işletme koşullarında belirginleştiğini göstermiştir.

Genel olarak, Tuzlu su (TS) uygulamasında CU değerleri özellikle ikinci deneme yılında sulama dönemlerinin ilerlemesiyle daha geniş bir değişim göstermiş ve sınıflandırma eşiklerinin altına inmiştir. M-TS uygulamasında ise CU değerleri her iki yılda da %98.7'nin üzerinde korunmuş ve tüm ölçüm dönemlerinde her iki sınıflandırma kriterini karşılamıştır. Bu sonuçlar, Merus uygulamasının bulunduğu sistemde su dağılım yeknesaklığının deneme süresince daha kararlı bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmada, ECw 4.0 dS m^{-1} olan tuzlu sulama suyunun damla sulama sisteminin hidrolik performansı üzerindeki etkisi ve Moleküler Salınım Teknolojisinin (Merus Halkası) performansın uzun süre korunmasındaki potansiyeli iki yıllık kontrollü laboratuvar koşullarında değerlendirilmiştir. Bulgular, Merus uygulamasının özellikle tekrarlı tuzlu su kullanımında su dağılım yeknesaklığının zamansal kararlılığını artırabileceğini göstermiştir.

Tuzlu su (TS) uygulamasında ortalama CU değerinin 2019 yılında %99.1'den 2020 yılında %96.4'e gerilemesi ve ikinci yılın 40. sulamasında %92.8'e düşmesi, tekrarlı tuzlu su uygulamasının uzun dönemli işletmede damlatıcı performansını olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Buna karşılık M-TS uygulamasında CU değerleri iki yıl boyunca %98.7 - 99.2 aralığında kalmış ve yıllık ortalamalar %99.1 ve %99.0 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle Merus uygulamasındaki temel avantajın yalnızca yüksek CU elde edilmesi değil, CU kaybının zaman içerisinde sınırlandırılması olduğu söylenebilir. TS uygulamasında özellikle ikinci yılda gözlenen performans kaybı, damlatıcı akış yollarında zamanla gelişen tıkanma süreçleriyle uyumludur. Damlatıcı tıkanması; mineral çökelmesi, fiziksel partikül birikimi ve biyolojik oluşumların tek başına veya birlikte etkisiyle meydana gelebilmekte ve işletme süresi arttıkça hidrolik performans kaybı belirginleşebilmektedir (Shi v e ark., 2022; Wang ve ark., 2025). Tuzlu sularda Ca, Mg, HCO_3 ve CO_3 gibi iyonların konsantrasyonu ve suyun kimyasal koşulları, çökelme potansiyelinin belirlenmesinde özellikle önemlidir. Dolayısıyla mevcut çalışmada TS uygulamasında ileri sulama dönemlerinde ortaya çıkan CU azalması, tuzlu su kaynaklı kümülatif tıkanma süreciyle tutarlıdır.

Çalışmanın önemli bir yönü, sulama suyu kalitesinin deney süresince büyük ölçüde sabit tutulmuş olmasıdır. EC değerinin yaklaşık 4.0 dS m^{-1} düzeyinde korunması, işletme basıncının 100 kPa'da sabit tutulması ve uygulamalar arasında benzer miktarda su kullanılması, gözlenen performans farklılıklarının su kalitesi veya işletme koşullarındaki değişimlerden kaynaklanma olasılığını azaltmaktadır. Bu durum, TS ve M-TS arasındaki farklılığın değerlendirilmesi açısından deneysel güvenilirliği güçlendirmektedir.

M-TS uygulamasında tüm sulama dönemlerinde CU değerlerinin %97.5'in üzerinde kalması, sistemin yüksek düzeyde ve istikrarlı su dağılımı sağladığını göstermektedir. Özellikle ikinci yılın 40. sulamasında TS uygulamasında CU %92.8'e gerilerken M-TS uygulamasında %99.1 olarak kalması, Merus uygulamasının uzun süreli işletme altında performans kaybını sınırlandırma potansiyeline işaret etmektedir. Benzer şekilde, fiziksel su şartlandırma yaklaşımlarının damlatıcı hidrolik performansını koruyabildiğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Abdelsalam et al., 2024). Ancak farklı fiziksel şartlandırma teknolojilerinin aynı mekanizmayla çalıştığı varsayılmamalıdır.

Merus Halkasının gözlenen etkisi, bu çalışmanın sınırları içerisinde hidrolik performanstaki değişim üzerinden değerlendirilmelidir. Çalışmada damlatıcı akış yollarında oluşan çökeltilerin miktarı, kimyasal bileşimi veya mineralojik yapısı doğrudan belirlenmemiştir. Bu nedenle Merus uygulamasının belirli iyonların çökelmesini engellediği veya kristal oluşum mekanizmasını değiştirdiği yönünde kesin bir nedensel açıklama yapmak mümkün değildir. Bu ayrım önemlidir; çünkü CU'daki iyileşme bir performans göstergesi olmakla birlikte, tek başına mekanizmayı kanıtlamamaktadır.

Mevcut sonuçlar, Tekin ve Yazar (2025) tarafından bildirilen bulgularla birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı hale gelmektedir. Söz konusu çalışma, Moleküler Salınım Teknolojisinin damlatıcı tıkanıklığının önlenmesinde asit enjeksiyonuna alternatif olma potansiyelini araştırmış ve Merus uygulamasının damla sulama sistemlerinin performansının korunmasında kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları ise söz konusu potansiyeli özellikle tekrarlı tuzlu su uygulaması ve zamana bağlı CU kararlılığı açısından desteklemektedir. Bununla birlikte, Merus teknolojisinin geleneksel kimyasal temizleme yöntemlerinin doğrudan yerine geçebileceği sonucuna varmak için mevcut kanıtlar yeterli değildir. Asit uygulaması ile fiziksel su şartlandırmanın mekanizmaları ve performans ölçütleri farklıdır. Bu nedenle Merus uygulamasının en uygun şekilde, kimyasal temizleme gereksinimini azaltabilecek veya bakım aralıklarını uzatabilecek tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmesi daha temkinli olacaktır.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu, damlatıcı performansının tek bir ölçüm zamanı üzerinden değerlendirilmesinin yanıltıcı olabileceğidir. TS uygulamasında ilk yıl yüksek CU değerleri elde edilmesine rağmen ikinci yılda özellikle ileri sulama dönemlerinde belirgin performans kaybı ortaya çıkmıştır. Buna karşılık M-TS uygulamasında CU değerleri iki yıl boyunca dar bir aralıkta korunmuştur. Bu nedenle damlatıcı tıkanıklığı çalışmalarında yalnızca başlangıç ve son değerlerin karşılaştırılması yerine, performansın işletme süresi boyunca izlenmesi daha açıklayıcı bir yaklaşım sunmaktadır.

Tuzlu sulama koşullarında yüksek CU değerinin korunması yalnızca hidrolik açıdan değil, su ve tuz yönetimi açısından da önemlidir. Damlatıcı debilerindeki mekansal farklılıklar, kök bölgesine ulaşan su miktarının heterojenleşmesine ve

dolayısıyla tuzların toprak profilindeki dağılımının değişmesine neden olabilir. Bu nedenle M-TS uygulamasında gözlenen yüksek CU değerlerinin korunması, tuzlu su kullanılan sistemlerde sulama suyunun daha homojen uygulanmasına katkı sağlayabilecek potansiyel bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, çalışmanın laboratuvar koşullarında yürütülmüş olması sonuçların tarla koşullarına genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Gerçek işletme koşullarında su sıcaklığı, basınç dalgalanmaları, sediment yükü, biyolojik aktivite, boru hattı uzunluğu ve sulama suyunun kimyasal bileşimindeki değişimler damlatıcı tıkanmasını etkileyebilir. Bu nedenle Merus teknolojisinin farklı su kaliteleri ve çevresel koşullar altında uzun dönemli saha denemeleriyle doğrulanması gerekmektedir.

Gelecek araştırmalarda CU'ya ek olarak damlatıcı debi değişim katsayısı, bağıl debi, tıkanma oranı ve akış yolu içerisindeki birikinti miktarı birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca SEM-EDS ve XRD gibi tekniklerle çökeltilerin morfolojik ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi; Ca, Mg, Na, HCO_3 ve CO_3 konsantrasyonları ile pH, alkalinite ve mineral doygunluk indekslerinin izlenmesi, Merus uygulamasının olası etki mekanizmasının açıklanmasına önemli katkı sağlayacaktır. Farklı EC, SAR ve iyonik bileşimlerin yanı sıra farklı damlatıcı geometrilerinin test edilmesi de teknolojinin uygulanabilirlik sınırlarının belirlenmesi açısından önemlidir.

Sonuç olarak, tekrarlı 4.0 dS m^{-1} tuzlu su uygulaması TS konusunda özellikle uzun işletme dönemlerinde su dağılım yeknesaklığında belirgin kayıplara neden olurken, M-TS uygulamasında CU değerleri yüksek ve zamansal olarak kararlı kalmıştır. TS uygulamasında ortalama CU'nun %99.1'den %96.4'e gerilemesine karşılık M-TS uygulamasında %99.1'den %99.0'a değişmesi, Merus uygulamasının performans kaybını sınırlandırma potansiyelini ortaya koymaktadır. Özellikle ikinci yılın 40. sulamasında TS ve M-TS için sırasıyla %92.8 ve %99.1 CU elde edilmesi, bu etkinin uzun süreli işletme koşullarında daha belirgin olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, Moleküler Salınım Teknolojisinin tuzlu sulama suyu kullanılan damla sulama sistemlerinde hidrolik performansın korunmasına yönelik potansiyel bir fiziksel şartlandırma yaklaşımı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, gözlenen performans farklılığının altında yatan mekanizma mevcut deney tasarımıyla kesin olarak açıklanamamaktadır. Bu nedenle teknolojinin etkinliği; uzun süreli saha koşulları, farklı su kalite sınıfları, çökelti karakterizasyonu, hidrokimyasal analizler ve ekonomik değerlendirmeler ile birlikte doğrulanmalıdır.

KAYNAKLAR

Abdelsalam, H., Mostafa, H., El-Ansary, M., Awad, M., Sultan, W. (2024). Evaluation of saline and magnetized water on emitter hydraulic performance and clogging in drip irrigation. Scientific Reports, 14, 7339.

ASAE (2003). EP405.1: Design and Installation of Microirrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers.

Barati, K., Mostafazadeh-Fard, B. Sheikhbahaei, A.A. (2014) Molecular oscillation technology: new phenomenon to reduce emitter clogging in trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 140(11), 04014034.

Christiansen, J.E. (1942) Irrigation by Sprinkling. University of California Agricultural Experiment Station Bulletin no: 670, 124p

Hills, D. J., Brenes, M. J., Waller, P.M. (1998). Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. Journal of Agricultural Engineering Research, 70(4), 355–365.

Korukçu. A.. 1980. Damla Sulamasında Yan Boru Uzunlarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Ün. Zir. Fak. Yayınları 742. s.75. Ankara.

Lili, Z., Yang, P., Ren, S., Li, Y., Liu, Y., Xia, Y. (2016). Chemical clogging of emitters and evaluation of their suitability for saline water drip irrigation. Irrigation and Drainage. https://doi.org/10.1002/ird.1972

Shi, K., Lu, T., Zheng, W., Zhang, X., Zhangzhong, L. (2022). A review of the category, mechanism, and controlling methods of chemical clogging in drip irrigation system. Agriculture, 12, 202.

Tekin, S., Yazar, A. (2025) Can molecular oscillation technology be used as an alternative to acid injection to prevent the clogging of emitters in drip irrigation systems? Irrigation and Drainage, 74(2), 586–599.

Wang, H., Hu, X., Wang, W., Ma, X. (2025). Main influence indicators and regulatory pathways of emitter clogging under physical and chemical combination factors. Agricultural Water Management, 310, 109383.

Wu, I.P., Gitlin, H.M. 1974. Drip rrigation Design Based on Uniformity, Trans. ASAE, vol.17, No:13

Li, Y., Pan, J., Chen, X., Xue, S., Feng, J., Muhammad, T., Zhou, B. (2019) Dynamic effects of chemical precipitates on drip irrigation system clogging using water with high sediment and salt loads, Agricultural Water Management, 213, 833-842,

Zhou, L., Wei, C., Yang, P., Li, Y., Zhangzhong, L., Su, Y. Wang, X., He, X. (2024) Effects of saline water with different concentrations of calcium and magnesium ions on emitter clogging in drip irrigation integrated water–fertilizer system. Irrigation and Drainage, 73(1), 16–28

FARKLI SULAMA SUYU KALİTELERİNDE DAMLATICI TIKANIKLIĞININ ÖNLENMESİNDE MERUS HALKASI İLE ASİT UYGULAMALARININ EKONOMİK ANALİZİ

Prof. Dr. Servet TEKİN[1]

[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, servettekin@yahoo.com mail, https://orcid.org/0000-0002-5691-2549

Özet

Damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanıklığı, özellikle tuzlu sulama suyu kullanılan koşullarda sistemin hidrolik performansını, su dağılım yeknesaklığını ve işletme verimliliğini olumsuz etkileyen en önemli sorunlardan biridir. Damlatıcı tıkanıklığını önlemek amacıyla yaygın olarak fosforik asit uygulamaları kullanılmakta, son yıllarda ise kimyasal kullanımına alternatif olarak Moleküler Salınım Teknolojisi (Merus Halkası) öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, tatlı su (FW) ve tuzlu su (SW) koşullarında Merus Halkası ile fosforik asit uygulamalarının ekonomik performansı karşılaştırılmıştır. Ekonomik analizlerde, %10 faiz oranı ve 10 yıllık ekonomik ömür esas alınarak Eşdeğer Yıllık Maliyet (EYM) yöntemi kullanılmıştır. Bir hektarlık damla sulama sistemi için yatırım maliyetleri, yıllık işletme giderleri ve fosforik asit tüketimi hesaplanmıştır. Asit gereksinimi sulama suyundaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının toplam konsantrasyonuna göre belirlenirken, Merus Halkasının yıllık maliyetine yatırım gideri ile yıllık şarj maliyeti birlikte dahil edilmiştir. Sonuçlara göre, Merus Halkasının eşdeğer yıllık maliyeti su kalitesinden bağımsız olarak 204 ABD$ ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Dozaj pompası kullanılarak yapılan fosforik asit uygulamasında toplam yıllık maliyet tatlı su koşullarında 318 ABD$ ha^{-1} $yıl^{-1}$, tuzlu su koşullarında ise artan asit tüketimi nedeniyle 578 ABD$ ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Asidin dozaj pompası kullanılmadan gübre tankı aracılığıyla uygulanması durumunda yıllık maliyetler tatlı su için 176 ABD$ ha^{-1} $yıl^{-1}$, tuzlu su için ise 437 ABD$ ha^{-1} $yıl^{-1}$ olmuştur. Bulgular, tatlı su koşullarında asit uygulamasının en ekonomik yöntem olduğunu, ancak sulama suyunun tuzluluğu arttıkça asit tüketimi ve buna bağlı işletme maliyetlerinin önemli ölçüde yükseldiğini göstermiştir. Buna karşın, Merus Halkasının yıllık maliyetinin su kalitesinden etkilenmemesi, kimyasal kullanımını gerektirmemesi ve çevre dostu bir teknoloji olması nedeniyle özellikle tuzlu sulama suyunun yaygın olarak kullanıldığı bölgelerde uzun dönemli ve sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır

Anahtar kelimeler: Damla sulama, damlatıcı tıkanıklığı, Merus Halkası, fosforik asit, ekonomik analiz, tuzlu sulama suyu, eşdeğer yıllık maliyet

ECONOMIC COMPARISON OF MERUS RING AND ACID APPLICATIONS FOR PREVENTING EMITTER CLOGGING UNDER DIFFERENT IRRIGATION WATER QUALITIES

Abstract

Emitter clogging is one of the most important factors reducing the hydraulic performance and service life of drip irrigation systems, particularly under saline irrigation conditions. Although acid injection is widely used to control mineral precipitation and emitter clogging, non-chemical alternatives such as the Merus Ring have recently gained attention. This study compared the economic performance of the Merus Ring and phosphoric acid injection under freshwater (FW) and saline water (SW) irrigation conditions. Economic analyses were performed using the equivalent annual cost (EAC) method assuming a 10-year service life and a 10% annual interest rate. Investment costs, annual operating expenses, and phosphoric acid consumption were calculated for a one-hectare drip irrigation system. Acid requirements were determined based on the concentrations of calcium and magnesium ions in the irrigation water, while annual costs of the Merus Ring included both the initial investment and annual recharge expenses. The equivalent annual cost of the Merus Ring was 204 US$ ha^{-1} $year^{-1}$, regardless of irrigation water quality. For acid injection using a dosing pump, the total annual cost was 318 US$ ha^{-1} $year^{-1}$ under freshwater conditions and increased to 579 ha^{-1} $year^{-1}$ under saline water because of the greater phosphoric acid requirement. When phosphoric acid was applied without a dosing pump, annual costs were reduced to 176 US$ ha^{-1} $year^{-1}$ for freshwater and 437 US$ ha^{-1} $year^{-1}$ for saline water. The results demonstrated that acid injection was the most economical option under freshwater conditions, whereas its economic advantage declined substantially as irrigation water salinity increased. In contrast, the annual cost of the Merus Ring remained constant irrespective of water quality, indicating that it may represent a competitive and environmentally friendly alternative for long-term operation in regions where saline irrigation water is frequently used and chemical handling is undesirable.

Keywords: Drip irrigation, emitter clogging, Merus Ring, phosphoric acid, economic analysis, saline irrigation water, annual equivalent cost

1. GİRİŞ

Damla sulama, suyun doğrudan bitki kök bölgesine kontrollü ve düşük debilerle uygulanmasına olanak sağlayarak su kullanım etkinliğinin artırılmasında önemli bir sulama yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, sistemin düşük debili damlatıcılarla çalışması, sulama suyunda bulunan fiziksel, kimyasal ve biyolojik unsurlara karşı sistemi tıkanmaya duyarlı hâle getirmektedir. Damlatıcı tıkanıklığı; askıda katı maddelerin birikmesi, mineral çökeltileri ve biyolojik oluşumların birlikte veya ayrı ayrı etkisiyle meydana gelebilmekte ve damlatıcı debisinin azalmasına, su dağılım yeknesaklığının bozulmasına ve sistem performansının gerilemesine neden olabilmektedir (Shi ve ark., 2022; Liu et al., 2022; Lv ve ark., 2024; Tekin ve Yazar, 2025). Özellikle sulama suyunda kalsiyum ve magnezyum iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda bulunması, karbonat ve diğer mineral bileşiklerin çökelmesini teşvik ederek kimyasal tıkanıklık riskini artırabilmektedir (Zhou ve ark., 2024).

Damlatıcı tıkanıklığının kontrolünde kimyasal uygulamalar, özellikle mineral çökeltilerinin giderilmesi ve oluşumunun sınırlandırılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Asit uygulamaları, sulama suyunun pH'sını düşürerek karbonat esaslı çökeltilerin oluşumunu sınırlandırabilmekte ve mevcut mineral birikimlerinin giderilmesine katkı sağlayabilmektedir (Shi ve ark., 2022). Fosforik asit de bu amaçla kullanılan kimyasal uygulamalardan biri olmakla birlikte, yüksek kalsiyum içeren sularda fosfat ile kalsiyum arasındaki etkileşim sonucunda yeni çökeltilerin oluşabilmesi nedeniyle uygulama koşullarının dikkatle belirlenmesi gerekmektedir (Xiao ve ark 2023). Bu nedenle asit uygulamasının etkinliği ve gerekli doz, sulama suyunun kimyasal özellikleriyle yakından ilişkilidir. Özellikle su kalitesinin bozulması ve çökelmeye eğilimli iyonların konsantrasyonunun artması, tıkanıklık riskinin yanı sıra kimyasal arıtma gereksinimini de artırabilmektedir (Zhou ve ark., 2024). Dolayısıyla damlatıcı tıkanıklığının önlenmesinde yalnızca teknik etkinliğin değil, farklı su kalitelerinde ortaya çıkan toplam işletme maliyetlerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Son yıllarda kimyasal uygulamalara alternatif olarak fiziksel ve kimyasal madde kullanımını azaltmayı amaçlayan farklı tıkanıklık kontrol yaklaşımları araştırılmaktadır. Bu kapsamda Moleküler Salınım Teknolojisine dayalı Merus Halkası, kimyasal madde enjeksiyonu gerektirmeyen alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel asit uygulamalarından farklı olarak sürekli kimyasal tüketimine dayanmaması, bu teknolojinin özellikle uzun süreli kullanım ve işletme maliyetleri açısından incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, Merus Halkasının ekonomik açıdan değerlendirilmesinde yalnızca başlangıç yatırımının değil, yıllık şarj ve diğer işletme giderlerinin de ekonomik ömür

boyunca dikkate alınması gerekmektedir. Bu yaklaşım, farklı tıkanıklık kontrol yöntemlerinin yalnızca teknik performansları değil, uzun dönemli ekonomik sonuçları bakımından da karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Damla sulama sistemlerinde tıkanıklık kontrolüne yönelik çalışmaların önemli bir bölümü uygulamaların teknik etkinliğine odaklanırken, farklı sulama suyu kalitelerinin kimyasal tüketim ve uzun dönemli ekonomik sonuçlar üzerindeki etkisini birlikte değerlendiren çalışmalar daha sınırlıdır. Özellikle tuzlu su kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte kimyasal tıkanıklık sorunu daha önemli hâle gelmiş ve su kalitesinin tıkanıklık oluşumu üzerindeki etkisi son yıllarda daha fazla araştırılmaya başlanmıştır (Shi ve ark., 2022; Zhou ve ark., 2024). Ayrıca farklı tıkanıklık kontrol yöntemlerinin etkinliği; suyun kimyasal bileşimi, işletme süresi ve damlatıcı özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Lv ve ark., 2024). Bu nedenle tatlı ve tuzlu su koşullarında fosforik asit uygulaması ile Merus Halkasının aynı ekonomik ölçüt üzerinden karşılaştırılması, alternatif tıkanıklık kontrol yöntemlerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, farklı sulama suyu kalitelerinde damlatıcı tıkanıklığının önlenmesine yönelik Merus Halkası ve fosforik asit uygulamalarının ekonomik performansı karşılaştırılmıştır. Tatlı ve tuzlu su koşullarında asit gereksinimi, ekipman ve işletme giderleri dikkate alınarak yöntemlerin eşdeğer yıllık maliyetleri belirlenmiştir. Ayrıca Merus Halkasının yatırım ve yıllık şarj maliyetleri ekonomik ömür üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, sulama suyu kalitesindeki değişimin tıkanıklık kontrol maliyetleri üzerindeki etkisini ortaya koymak ve özellikle tuzlu sulama suyunun kullanıldığı koşullarda kimyasal uygulamalara ekonomik açıdan uygulanabilir bir alternatif sunup sunamayacağını belirlemektir.

1.2. Kuramsal Çerçeve

Damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanıklığı; sulama suyunda bulunan çözünmüş minerallerin çökelmesi, askıda katı maddeler ve biyolojik oluşumlar sonucunda ortaya çıkabilmekte ve damlatıcı debisinin azalmasına ve su dağılım yeknesaklığının bozulmasına neden olmaktadır. Özellikle kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarının yüksek olduğu ve tuzluluğun arttığı sulama sularında mineral çökelmesi ve buna bağlı tıkanıklık riski önem kazanmaktadır. Bu nedenle tıkanıklığın önlenmesinde kullanılan uygulamaların teknik etkinliğinin yanı sıra, farklı su kalitelerinde oluşturduğu maliyetlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Tıkanıklık kontrolünde fosforik asit uygulaması, çökeltilerin oluşumunu sınırlandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan kimyasal yöntemlerden biridir. Ancak sulama suyunun kimyasal özelliklerine bağlı olarak gerekli asit miktarının değişmesi, yöntemin işletme maliyetlerini doğrudan etkileyebilmektedir. Buna karşılık Merus Halkası, sürekli kimyasal kullanımına ihtiyaç duymayan alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, özellikle yüksek tuzluluk ve mineral içeriğine sahip sulama sularında ekonomik açıdan önem taşımaktadır.

Ekonomik değerlendirmede Eşdeğer Yıllık Maliyet (EYM) yöntemi, farklı yatırım ve işletme maliyetlerine sahip alternatiflerin ortak bir yıllık maliyet üzerinden karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada %10 faiz oranı ve 10 yıllık ekonomik ömür esas alınarak; Merus Halkası ve fosforik asit uygulamalarının yatırım, işletme, kimyasal tüketim ve bakım giderleri birlikte değerlendirilmiştir. Böylece farklı sulama suyu kalitelerinde damlatıcı tıkanıklığının önlenmesine yönelik yöntemlerin yalnızca teknik değil, uzun dönemli ekonomik sürdürülebilirlik açısından da karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Yeri ve Deneme Koşulları

Araştırma, Nisan–Haziran 2016 tarihleri arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama Laboratuvarında yürütülmüştür. Denemeler, sıcaklık, yağış, rüzgâr ve güneş ışınımı gibi çevresel faktörlerin sistem performansını etkilemesini önlemek amacıyla kapalı laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Böylece tüm uygulamalarda aynı çevre koşulları sağlanarak yalnızca araştırma konusu olan uygulamaların etkileri değerlendirilmiştir. Deneme, üç tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine göre bölünmüş parseller düzeninde oluşturulmuştur. Ana parsellerde üç farklı uygulama; moleküler salınım teknolojisi (Merus Halkası, M), asit enjeksiyonu (A) ve temiz su (kontrol (C)) yer almıştır. Alt parsellerde iki farklı sulama suyu kalitesi; tatlı su (FW) ve ortalama elektriksel iletkenliği 3.0 dS m^{-1} olan tuzlu su (SW) kullanılmıştır. Sistem performansındaki değişimler ise yedi farklı ölçüm döneminde (T1–T7) değerlendirilmiştir.

Tuzlu sulama suyu, daha önce deneme alanında depolanan deniz suyunun ($EC_w \approx$ 55 dS m^{-1}) kanal suyu ile seyreltilmesiyle hazırlanmış ve yaklaşık 3.0 dS m^{-1} elektriksel iletkenlik değerine getirilmiştir. Deneme süresince herhangi bir bitki yetiştirilmemiş, böylece bitki su tüketimi ve kök bölgesi etkilerinden bağımsız olarak sulama suyu kalitesi ile uygulamaların sulama sistemi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Bölgede sebze ve tarla bitkileri için yaygın olarak uygulanan sulama sıklığı dikkate alınarak bir sulama sezonunu temsil etmek üzere 21 sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Her sulama uygulamasında sistem 4 saat süreyle çalıştırılmış ve sulamalar yaklaşık 2–3 günlük aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Böylece iki sulama sezonunu temsil edecek şekilde toplam 42 sulama uygulaması yapılmış ve damlatıcılarda meydana gelen performans değişimleri zamana bağlı olarak izlenmiştir.

Denemede, dış çapı 16 mm ve uzunluğu 25 m olan polietilen lateral borular kullanılmıştır. Lateral borular üzerine 0.50 m aralıklarla yerleştirilmiş, nominal debisi 2.0 L h^{-1} olan hat üzeri (in-line) damlatıcı kullanılmıştır. Her lateral hatta toplam 50 damlatıcı bulunmaktadır. Her manifolda üç lateral hat bağlanmış ve her bir lateral hat bir tekerrürü temsil etmiştir. Sulama sistemi tüm uygulamalarda 100 kPa işletme basıncında çalıştırılmıştır. Sistem kontrol ünitesi; kum-çakıl filtre, disk filtre, basınç göstergeleri ve manifold ile lateral girişlerinde bulunan kontrol vanalarından oluşturulmuştur. Kanal suyu ve tuzlu suyun sisteme aktarılması için ayrı su kaynakları ve pompalama düzenekleri kullanılmıştır. Deneme sisteminin genel yerleşimi Şekil 1'de verilmiştir.

Moleküler salınım teknolojisinin uygulanmasında, 50 mm (2 inç) çapında Merus Halkası kullanılmıştır. Merus Halkası, Merus GmbH (Almanya) tarafından üretilmiş ve üretici tarafından Ca, Mg, CO_3 ve HCO_3 iyonlarıyla ilişkili salınım özellikleri tanımlanmıştır (MERUS GmbH, 2023). İki parçalı silikon dioksit-alüminyum alaşımından oluşan halka, su akışına doğrudan temas etmeyecek şekilde damla sulama lateral hatlarının giriş bölümüne dışarıdan monte edilmiştir (Şekil 2). Cihaz, deneme süresince dış etkenlerden korunması amacıyla alüminyum folyo ile kaplanmıştır.

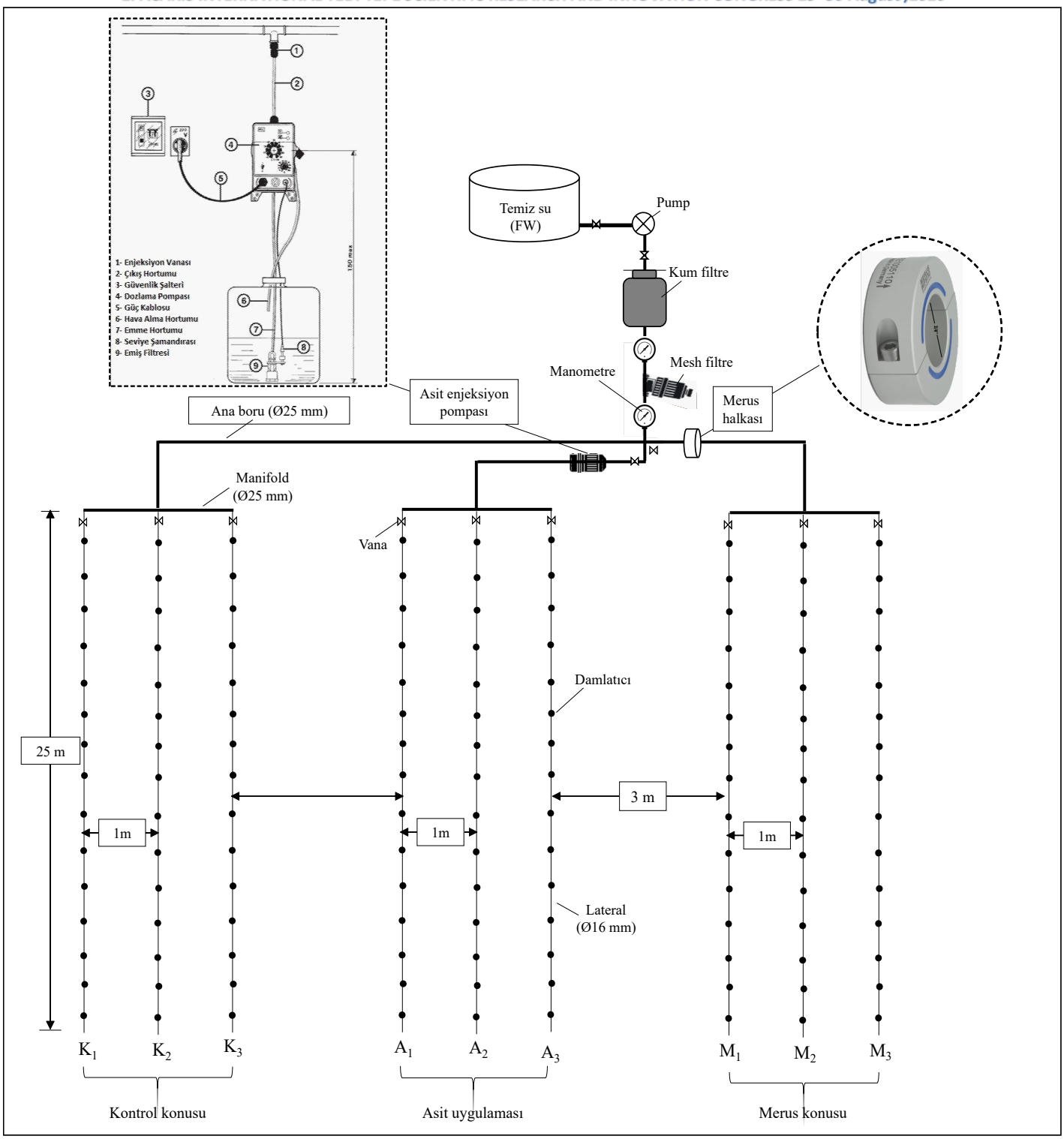
Asit uygulamasında, uygulama debisinin kontrol edilebildiği bir dozaj pompası kullanılmış ve ticari fosforik asit tercih edilmiştir. Asit dozu, kullanılan sulama suyunun tamponlama kapasitesine bağlı olarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Uygulanacak dozun belirlenmesi amacıyla sulama suyu örneklerine kademeli olarak düşük miktarlarda asit ilave edilmiş ve son pH değeri 5.0–5.5 aralığına ulaşıncaya kadar titrasyon yapılmıştır. Bu pH aralığı, mineral çökeltilerinin çözünmesini artırmak ve aşırı asit kullanımından kaynaklanabilecek korozyon riskini sınırlandırmak amacıyla tercih edilmiştir (Nakayama ve Bucks, 1991).

Asit enjeksiyonu, her 4 saatlik sulamanın son 30 dakikasında gerçekleştirilmiştir. Dozaj pompasının debisi, sulama sisteminden geçen suyun debisi ve hedeflenen asit konsantrasyonu dikkate alınarak belirlenmiştir. Ortalama olarak her sulama uygulamasında kanal suyuna 50 mL, tuzlu suya ise 70 mL fosforik asit uygulanmıştır. Kontrol uygulamasında ise herhangi bir Merus Hakası veya asit uygulaması yapılmamıştır.

Tatlı ve tuzlu sulama suyu örnekleri, deney süresince belirlenen yedi farklı örnekleme döneminde (T1–T7) alınmıştır. Sulama sularının kimyasal özellikleri analiz edilerek zaman içerisindeki değişimleri belirlenmiştir. Tatlı sulama suyunun deneme süresince kimyasal özelliklerinde önemli bir değişim meydana gelmediği belirlenmiştir. Tatlı ve tuzlu sulama suyuna ait analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Damla sulama sisteminin hidrolik performansındaki değişimlerin ve olası damlatıc tıkanmalarının belirlenmesinde damlatıcı debileri temel ölçüt olarak kullanılmıştır. Her lateral hat üzerinde toplam 28 damlatıcı debisi ölçülmüş ve ölçümler belirlenen yedi örnekleme döneminde gerçekleştirilmiştir. İlk ölçüm, sistemin başlangıç koşullarını temsil edecek şekilde başlangıç sulamasında yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan sulama suyunun kimyasal özellikleri deney süresince düzenli aralıklarla analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Deneme uygulamalarının ve damla sulama sistemindeki kontrol ünitesinin şematik yerleşimi

Tablo 1. Denemede kullanılan temiz ve tuzlu suyunun kimyasal analiz değerleri

	Ölçüm dönemi	ECw, dS/m	pH	Katyon, me L^{-1}				Anyon, me L^{-1}			
				Ca	Mg	Na	K	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4
Temiz su (FW)	1	0.46	8.03	2.78	1.50	0.57	0.05	4.90	0.22	3.39	0.73
	2	0.44	8.07	2.89	1.33	0.59	0.07	4.88	0.31	3.28	0.78
	3	0.40	8.17	2.55	1.67	0.58	0.06	4.86	0.40	3.07	0.91
	4	0.43	8.11	2.41	1.50	0.57	0.05	4.53	0.27	3.12	0.73
	5	0.42	8.08	2.89	1.42	0.60	0.06	4.97	0.35	3.40	0.84
	6	0.46	8.02	2.43	1.65	0.61	0.04	4.73	0.21	2.99	0.95
	7	0.47	8.01	2.72	1.58	0.56	0.05	4.91	0.50	3.14	0.7
Tuzlu su (SW)	1	3.44	8.06	3.52	7.15	22.73	0.46	3.23	23.4	6.67	0.56
	2	3.22	7.86	3.25	6.82	20.58	0.42	4.02	21.6	4.94	0.51
	3	3.35	8.17	3.36	6.77	21.65	0.45	3.21	23.68	4.86	0.48
	4	2.48	8.02	3.36	5.23	16.88	0.36	4.18	17.44	3.8	0.41
	5	3.12	8.21	3.33	6.38	18.64	0.41	2.94	21.22	4.16	0.38
	6	2.02	7.98	3.22	4.05	11.4	0.34	3.77	13.19	1.47	0.58
	7	2.03	8.39	2.78	4.27	11.68	0.26	2.78	12.93	2.71	0.57

Analiz sonuçları, hazırlanan sulama suyunun her iki deneme yılında da hedeflenen kalite kriterlerini büyük ölçüde sağladığını göstermektedir. Sulama suyunun elektriksel iletkenliği (EC) tüm örnekleme dönemlerinde 3.98–4.10 dS m^{-1} arasında değişmiş olup hedeflenen 4.0 dS m^{-1} seviyesine oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Benzer şekilde pH değerleri yaklaşık 8.0 civarında sabit kalmış ve sulama süresince önemli bir değişiklik göstermemiştir. Katyon ve anyon analizleri incelendiğinde kalsiyum, magnezyum, sodyum, bikarbonat ve klor konsantrasyonlarının her iki yılda da birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu durum deney süresince sulama suyu kalitesinde önemli bir değişim meydana gelmediğini göstermektedir. Böylece damlatıcı performansında gözlenen değişimlerin sulama suyu kalitesindeki farklılıklardan değil, uygulamaların etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Dolayısıyla araştırmada kullanılan su kalitesi, Moleküler Salınım Teknolojisinin etkinliğinin değerlendirilmesi açısından uygun deney koşulları oluşturmuştur.

Damlatıcı debilerinin belirlenmesinde hacim-zaman yöntemi kullanılmıştır. Seçilen damlatıcıların altına 0.25 L hacimli su toplama kapları yerleştirilmiş ve 10 dakika boyunca biriken su miktarı ölçülmüştür. Toplanan su hacmi dereceli silindir kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen değerler L h^{-1} birimine dönüştürülmüştür. Su toplama kaplarının damlatıcı altına kolaylıkla yerleştirilebilmesi ve ölçüm sırasında lateral hatların hareket etmesini önlemek amacıyla lateral borular, metal çubuklar ve kılavuz tel kullanılarak toprak yüzeyinden yaklaşık 25 cm yüksekte tutulmuştur. Ardışık ölçüm dönemlerinde belirlenen damlatıcı debilerindeki değişimler kullanılarak sistemde meydana gelen debideki azalma, damlatıcı tıkanması ve uygulamaların hidrolik performansı koruma etkinliği değerlendirilmiştir.

Merus Halkası ve asit enjeksiyonu uygulamalarının ekonomik açıdan karşılaştırılması amacıyla yıllık eşdeğer maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Merus Halkası için 10 yıllık ekonomik kullanım ömrü dikkate alınmıştır. Asit uygulamasında ise dozaj pompası, asit tüketimi ve ilgili işletme giderleri değerlendirmeye alınmıştır. Her iki uygulamanın yıllık maliyetleri hektar başına ABD doları cinsinden hesaplanmıştır. Merus Halkası ve asit uygulamalarının yıllık eşdeğer maliyetlerinin

belirlenmesinde Jones ve Smith (1982) tarafından verilen ekonomik analiz eşitliklerinden yararlanılmış ve hesaplamalar Eşitlik 1, 2 ve-3 kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Jones and Smith 1982).

$$V = \frac{1}{(1+CC))} \quad (1)$$

$$a_{10} = \frac{(1-V^t)}{CC} \quad (2)$$

$$EAC = \frac{IC}{a_{10}} \quad (3)$$

Eşitliklerde; V yıllık maliyet faktörünü, CC sermaye maliyetini, a10 yıllıklandırma (anüite) faktörünü, t ekonomik kullanım ömrünü (yıl), EAC eşdeğer yıllık maliyeti ve IC yatırım maliyetini ifade etmektedir.

3. BULGULAR

3.1. Merus Halkası ve asit uygulamalarının ekonomik sonuçları

Ekonomik analiz sonuçları, Merus Halkası ve asit enjeksiyonunun maliyet etkinliğinin sulama suyu kalitesi ve asit uygulama yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir (Tablo 2). Merus Halkası uygulamasının yıllık eşdeğer maliyeti 204.3 ABD$ ha^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Dozaj pompası kullanılarak gerçekleştirilen asit enjeksiyonunda yıllık maliyet tatlı su koşullarında 318.2 ABD$ ha^{-1}, tuzlu su koşullarında ise 578.6 ABD$ ha^{-1} olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, asidin herhangi bir enjeksiyon pompası kullanılmadan gübre tankından bypass yöntemiyle uygulanması durumunda yıllık maliyet tatlı su için 176.4 ABD$ ha^{-1}, tuzlu su için ise 436.8 ABD$ h^{-1} olmuştur.

Tatlı su koşullarında pompasız asit uygulaması, Merus Halkasına göre yaklaşık %13.7 daha düşük maliyetli bulunmuştur. Buna karşılık, tuzlu su koşullarında Merus Halkasının yıllık maliyeti pompasız asit uygulamasına göre yaklaşık %53.3 daha düşük olmuştur. Pompalı asit uygulaması dikkate alındığında ise Merus Halkasının yıllık maliyeti tatlı su koşullarında yaklaşık %35.8, tuzlu su koşullarında ise yaklaşık %64.7 daha düşük gerçekleşmiştir.

Tablo 2. Tatlı ve tuzlu sulama suyu koşullarında Merus Halkası ve asit uygulamasının ekonomik karşılaştırması

Ekonomik gösterge	**Merus Halkası**		**Acidenjeksiyon**			
			Enjeksiyonlu Pompalı		**Enjeksiyonsuz Pompalı**	
	SW	FW	SW	FW	SW	FW
Yatırım maliyeti (IC), $	1255	1255	871	871	-	-
Faydalı ekonomik ömür, yıl	10	10	10	10	-	-
Yıllık maliyet faktörü, V	0.909	0.909	0.909	0.909	-	-
a10, annüite faktörü	6.142	6.142	6.142	6.142	-	-
Eşdeğer yıllık maliyet (EAC), $ ha^{-1} $yıl^{-1}$	204.3	204.3	141.8	141.8	-	-
Fosforik asit maliyeti (PAC), $ $yıl^{-1}$	-	-	436.8	176.4	436.8	176.4
Toplam maliyet (TAC), $ ha^{-1} $yıl^{-1}$	204.3	204.3	578.6	318.2	436.8	176.4

Bu sonuçlar, sulama suyu kalitesinin ekonomik değerlendirmede belirleyici bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle tuzlu su koşullarında kimyasal uygulamanın yıllık maliyetinin belirgin biçimde artması, Merus Halkasının uygulamasının göreli ekonomik avantajını artırmıştır. Ekonomik sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, tatlı su koşullarında en düşük yıllık maliyet pompasız asit uygulamasında, tuzlu su koşullarında ise Merus Halkası uygulamasında elde edilmiştir. Pompalı asit enjeksiyonu ise her iki sulama suyu kalitesinde de Merus Halkasından daha yüksek yıllık maliyet oluşturmuştur. Bulgular, Merus Halkasının başlangıç yatırımından bağımsız olarak, özellikle kimyasal uygulama miktarının arttığı düşük kaliteli sulama suyu koşullarında daha istikrarlı bir yıllık maliyet yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, asit uygulamasının maliyeti su kalitesindeki değişimlere ve kullanılan kimyasal miktarına daha duyarlı olmuştur.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Bu çalışmada Merus Halkası ve asit enjeksiyonunun tatlı ve tuzlu sulama suyu koşullarında damla sulama sisteminin damlatıcı performansı ve ekonomik sürdürülebilirliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

(i) Her iki uygulama da kontrol uygulamasına kıyasla damlatıcı performansının korunmasında etkili olmuştur.

(ii) Tuzlu sulama suyu, tatlı suya kıyasla damlatıcı tıkanması ve hidrolik performansın bozulması açısından daha yüksek risk oluşturmuştur.

(iii) Asit enjeksiyonu, özellikle tuzlu su koşullarında mineral çökeltilerinin kontrolünde Merus Halkası'na kıyasla daha yüksek kısa dönemli etkinlik göstermiştir.

(iv) Merus Halkasının yıllık eşdeğer maliyeti 204.3 ABD$ ha^{-1} olarak belirlenmiştir.

(vi) Pompalı asit uygulamasının yıllık maliyeti tatlı su koşullarında 318.2 ABD$ ha^{-1}, tuzlu su koşullarında 578.6 ABD$ ha^{-1} olmuştur.

(v) Pompasız bypass asit uygulaması tatlı su koşullarında 176.4 ABD$ ha^{-1} ile Merus Hakasından daha ekonomik bulunurken, tuzlu su koşullarında maliyet 436.8 ABD$ ha^{-1} seviyesine yükselmiştir.

Buna göre, Merus Halkasının ekonomik avantajı özellikle tuzlu sulama suyu kullanılan sistemlerde belirginleşmiştir. Merus Halkası, sürekli kimyasal dozaj gerektirmemesi ve yıllık maliyetinin sulama suyu kalitesindeki değişimlere daha az duyarlı olması nedeniyle, özellikle tuzlu su kullanılan damla sulama sistemlerinde ekonomik açıdan uygulanabilir bir alternatif olarak değerlendirilebilir.

4.2. Tartışma

Damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanması, sistemin su dağılım uniformitesini ve uzun dönemli hidrolik performansını doğrudan etkileyen temel sorunlardan biridir. Özellikle tuzlu sulama suyunun kullanıldığı sistemlerde Ca^{2+}, Mg^{2+} ve karbonat gibi iyonların kimyasal çökeltiler oluşturması, zaman içerisinde damlatıcı akış kesitinin daralmasına ve damlatıcı debisinin azalmasına neden olabilmektedir. Güncel literatür, tuzlu su kullanımında kimyasal tıkanmanın tek başına gerçekleşmediğini, fiziksel ve kimyasal süreçlerin birlikte etkili olabildiğini göstermektedir (Shi et al., 2022). Abdelsalam et al. (2024), tuzluluk düzeyinin artmasıyla damlatıcı tıkanma oranının yükseldiğini ve düşük kaliteli sulama suyunda fiziksel su şartlandırma uygulamalarının damlatıcı hidrolik performansını belirli ölçüde koruyabildiğini bildirmiştir. Magnetize su uygulamasında ortalama damlatıcı debisinin arttığı, varyasyon katsayısının azaldığı ve tıkanma oranının düştüğü belirlenmiştir. Bu sonuçlar, suyun fiziksel özelliklerinin değiştirilmesine dayanan alternatif teknolojilerin özellikle tuzlu su koşullarında damlatıcı performansının korunmasında potansiyel taşıdığını göstermektedir. Bu kapsamda, mevcut çalışmada Merus Halkası uygulamasının özellikle tuzlu su koşullarında kontrol uygulamasına kıyasla damlatıcı performansını koruması dikkat çekicidir. Ancak burada önemli bir metodolojik ayrım yapılmalıdır. Merus Halkası ile farklı fiziksel/manyetik su şartlandırma sistemleri aynı teknoloji değildir ve bu nedenle literatürdeki magnetizasyon sonuçları Merus Halkasının doğrudan kanıtı olarak değerlendirilmemelidir. Bununla birlikte, her iki yaklaşımın da kimyasal madde ilavesi olmaksızın su–mineral etkileşimlerini ve çökelme davranışını değiştirmeyi amaçlaması nedeniyle, sonuçlar mekanizma açısından karşılaştırılabilir bir çerçeve sunmaktadır.

Asit uygulamasının bu çalışmada özellikle tuzlu su koşullarında damlatıcı tıkanmasını azaltmada daha yüksek etkinlik göstermesi beklenen bir sonuçtur. Asitleştirme, sulama suyunun pH'sını düşürerek karbonat esaslı çökeltilerin oluşumunu

sınırlandırabilir ve mevcut mineral birikimlerinin çözünmesine katkı sağlayabilir. Nitekim Dehghanisanij et al. (2025), damlatıcılarda oluşan kimyasal tıkanmaların giderilmesinde asit yıkamanın etkili olduğunu ve daha düşük pH koşullarının özellikle yüksek düzeyde kimyasal tıkanmış damlatıcılarda daha yüksek temizleme etkinliği sağladığını bildirmiştir. Bununla birlikte, aynı çalışma asit uygulamasının fiziksel tıkanmaları tek başına gidermede yetersiz kalabileceğini de göstermiştir. Dolayısıyla mevcut çalışmada asit enjeksiyonunun Merus Halkasına kıyasla daha yüksek anti-tıkanma etkinliği göstermesi, asidin doğrudan mineral çökeltilerinin çözünmesini sağlayabilmesiyle açıklanabilir. Bununla birlikte, bu yüksek etkinliğin ekonomik bir karşılığı bulunmaktadır. Asit uygulamasında kimyasal tüketimi, dozaj ekipmanı ve işletme gereksinimleri arttıkça toplam yıllık maliyet de yükselmektedir.

Bu çalışmanın ekonomik sonuçları bu açıdan özellikle önemlidir. Tatlı su koşullarında pompasız asit uygulamasının yıllık maliyeti 176.4 ABD$ ha^{-1} ile Merus Halkası maliyetinden (204.3 ABD$ ha^{-1}) daha düşük bulunmuştur. Buna karşılık tuzlu su koşullarında pompasız asit uygulamasının maliyeti 436.8 ABD$ ha^{-1} seviyesine yükselmiş ve Merus Halkasına göre yaklaşık 2.14 kat daha yüksek olmuştur. Pompalı asit enjeksiyonunda maliyet farkı daha da belirginleşmiş; yıllık maliyet tatlı su için 318.2 ABD$ ha^{-1}ve tuzlu su için 578.6 ABD$ ha^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, Merus Halkasının ekonomik avantajının doğrudan su kalitesine bağlı olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Tatlı su koşullarında düşük kimyasal tüketimi ile gerçekleştirilen pompasız asit uygulaması ekonomik açıdan avantaj sağlayabilirken, tuzluluk arttığında kimyasal uygulama maliyetindeki artış Merus Halkasını daha rekabetçi hale getirmektedir.

Shi et al. (2022) de düşük kaliteli ve özellikle tuzlu sulama sularında kimyasal tıkanmanın yönetiminin daha karmaşık hale geldiğini ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik kontrol yöntemlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, Merus Halkasının ekonomik açıdan daha avantajlı bulunması, teknolojinin her koşulda asit uygulamasının yerine geçebileceği anlamına gelmemektedir. Asit uygulamasının mineral çökeltilerini çözmedeki doğrudan kimyasal etkisi, özellikle ileri düzeyde kimyasal tıkanmanın meydana geldiği sistemlerde önemli bir avantajdır. Buna karşılık Merus Halkasının etkisinin daha çok tıkanmanın oluşumunu veya ilerlemesini sınırlama perspektifinde değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Bu nedenle iki yöntemin "aynı mekanizmaya sahip alternatifler" olarak değil, farklı mekanizmalarla çalışan tıkanma yönetim araçları olarak ele alınması gerekmektedir.

Son yıllardaki çalışmalar, damlatıcı tıkanmasının yönetiminde tek bir yöntemin yerine entegre yaklaşımların daha etkili olabileceğine işaret etmektedir. Dehghanisanij et al. (2025), asit yıkama ile ultrasonik teknolojinin birlikte kullanılmasının kimyasal, fiziksel ve biyolojik tıkanmaların azaltılmasında önemli avantajlar sağlayabileceğini göstermiştir. Bu yaklaşım, gelecekte Merus Halkası gibi kimyasal olmayan veya düşük kimyasal gerektiren teknolojilerin filtrasyon, lateral yıkama ve kontrollü asitleştirme ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Ayrıca, güncel çalışmalar damlatıcı tıkanmasının yalnızca sulama suyunun EC değerine bağlı olmadığını; Ca, Mg, alkalinite, pH, iyonik bileşim, sıcaklık ve sulama sisteminin çalışma süresi gibi faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Zhou et al. (2024), benzer toplam tuzluluk koşullarında Ca ve Mg iyonlarının farklı etkiler oluşturabildiğini ve iyon bileşiminin çökelti oluşum mekanizmasını değiştirebildiğini göstermiştir. Bu nedenle, gelecekte Merus Halkasının performansının yalnızca ECw üzerinden değil, suyun iyonik kompozisyonu ve çökelme potansiyeli üzerinden değerlendirilmesi daha bilimsel bir yaklaşım olacaktır.

4.3. Öneriler

Merus Halkasının uzun dönemli performansının daha güvenilir biçimde ortaya konulabilmesi için gelecekteki araştırmalarda aşağıdaki hususların dikkate alınması önerilmektedir:

(i) Farklı ECw seviyelerinde (örneğin 1, 2, 4, 6 ve 8 dS m^{-1}) uzun süreli denemeler yapılmalıdır.

(ii) Ca, Mg, HCO_3 ve CO_3 konsantrasyonlarının Merus Halkası performansı üzerindeki etkileri ayrı ayrı araştırılmalıdır.

(iii) Damlatıcı içerisindeki mineral çökeltileri SEM-EDS, XRD veya benzeri mineralojik yöntemlerle karakterize edilerek Merus Halkasının çökelme mekanizması üzerindeki etkisi doğrudan ortaya konulmalıdır.

(iv) Merus Halkası, asit enjeksiyonu, filtrasyon, lateral yıkama ve diğer fiziksel arıtma yöntemlerinin tekli ve kombine uygulamaları karşılaştırılmalıdır.

(v) Ekonomik değerlendirmelerde yalnızca yıllık maliyet değil, damlatıcı kullanım ömrü, bakım maliyeti, kimyasal tüketimi, enerji tüketimi ve yaşam döngüsü maliyeti birlikte dikkate alınmalıdır.

(vi) Asit uygulamasının uzun süreli kullanımının toprak pH'sı, fosfor birikimi, drenaj suyu kalitesi ve sulama sistemi bileşenleri üzerindeki etkileri belirlenmelidir.

(vii) Merus Halkasının etkinliği laboratuvar koşullarının yanında ticari ölçekli tarla denemelerinde ve gerçek ürün yetiştiriciliği koşullarında doğrulanmalıdır.

Sonuç olarak, çalışma Merus Halkasının özellikle tuzlu sulama suyu kullanılan damla sulama sistemlerinde damlatıcı performansının korunması ve işletme maliyetlerinin sınırlandırılması açısından potansiyel bir alternatif olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, mevcut bulgular Merus Halkasının mekanizmasının kesin olarak ortaya konulduğu anlamına gelmemektedir. Bu nedenle, teknolojinin uzun dönemli ve farklı su kimyası koşullarındaki etkinliğinin mineralojik, hidrolik ve ekonomik göstergeler birlikte kullanılarak doğrulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abdelsalam, H., Mostafa, H., El-Ansary, M., Awad, M., Sultan, W. (2024). Evaluation of saline and magnetized water on emitter hydraulic performance and clogging in drip irrigation. Scientific Reports, 14, 7339.

Dehghanisanij, H., Mirlatifi, S.M., Emami, S., Rajabzadeh, T. (2025). Reducing the clogging of emitters in drip irrigation systems using acid washing and ultrasonic technology. Scientific Reports, 15, Article 12499.

Jones, T.W. Smith, D.J. (1982) An historical perspective of netpresent value and equivalent annual cost. Accounting Historians Journal, 9 (1), 103-110.

Liu, Z., Hou, P., Zha, Y., Muhammad, T., Li, Y. (2022). Salinity threshold of desalinated saline water used for drip irrigating: The perspective of emitter clogging. Journal of Cleaner Production, 361, 132143.

Lv, C., Niu, W., Du, Y., Sun, J., Dong, A., Wu, M., Mu, F., Zhu, J., Siddique, K.H.M. (2024). A meta-analysis of labyrinth channel emitter clogging characteristics under Yellow River water drip tape irrigation. Agricultural Water Management, 291, 108634.

MERUS GmbH. (2023) Function and Effect-Theory meets technol-ogy. How does the Merus Ring work? MERUS GmbHWeb.Accessed 19 November 2023. https://www.merusonline.com/function/

Nakayama, F.S., Bucks, D.A. (1991). Water quality in drip/trickle irrigation: A review. Irrigation Science, 12(4), 187-192.

Shi, K. L., Lu, T. A., Zheng, W.A., Zhang, X., Zhangzhong, L.L. (2022). A review of the category, mechanism, and controlling methods of chemical clogging in drip irrigation system. Agriculture, 12(2), 202.

Tekin, S., Yazar, A. (2025) Can molecular oscillation technology be used as an alternative to acid injection to prevent the clogging of emitters in drip irrigation systems? Irrigation and Drainage, 74(2), 586-599.

Xiao, Y., Ma, C., Li, M., Zhangzhong, L., Song, P., Li, Y. (2023). Interaction and adaptation of phosphorus fertilizer and calcium ion in drip irrigation systems: The perspective of emitter clogging. Agricultural Water Management, *282*, 108269.

Zhou, L., Wei, C., Yang, P., Li, Y., Zhangzhong, L., Su, Y., Wang, X., He, X. (2024). Effects of saline water with different concentrations of calcium and magnesium ions on emitter clogging in drip irrigation integrated water–fertilizer system. Irrigation and Drainage, *73*(1), 16-28.

40 GÜNLÜK KÖPEK FETÜSLERİNDE STERNUMUN GELİŞİMİ VE OSSİFİKASYON DURUMU

Prof.Dr. Şükür Hakan ATALGIN[1],

[1]Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID 0000-0001-9436-6270

Özet

Bu çalışmada, köpeklerde prenatal dönemin 40. gününde sternumun morfolojik gelişimi ve ossifikasyon durumu değerlendirildi. Sternum, toraksın ventral duvarını oluşturan ve kardiyopulmoner yapıların korunmasına ve toraksın solunum hareketlerine katkı sağlayan segmentli bir kemik yapıdır. Erişkin köpeklerde sternum tipik olarak sekiz sternal segmentten (sternebra) oluşmaktadır. Sternumun gelişimi kranialden kaudale doğru ilerlemektedir. Köpeklerde bu bilateral sternal yapıların birleşmesinin gebeliğin yaklaşık 25. gününde başladığı ve sternumun ossifikasyonunun yaklaşık 40. günde başladığı bildirilmiştir. Ossifikasyonun kostal kıkırdakların sternuma bağlandığı bölgelerde inhibe olması, sternebralar arasında intersternebral kıkırdakların oluşmasına neden olmaktadır. Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde kemik ve kıkırdak dokunun farklı şekilde boyanmasına olanak sağlayan çift boyama yöntemleri önemli bir morfolojik yaklaşım oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada Alcian Blue ve Alizarin Red S kullanılarak kıkırdak ve kemik dokularının eş zamanlı değerlendirilmesiyle sternumdaki ossifikasyon merkezlerinin gelişim durumu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada 40 günlük köpek fetüslerinde sternumun gelişimsel durumu incelenerek manubrium sterni, corpus sterni, sternebrae ve processus xiphoideus'un gelişimi değerlendirildi. Elde edilen bulgular, köpek sternumunda ossifikasyonun başlaması açısından literatürde bildirilen 40. gebelik günü ile karşılaştırıldı. Çalışmanın, köpeklerde prenatal sternal gelişimin morfolojik özelliklerinin ortaya konulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Double staining, fetüs, kemik, köpek, ossifikasyon, sternum.

DEVELOPMENT AND OSSIFICATION STATUS OF THE STERNUM IN 40-DAY-OLD DOG FETUSES

Prof.Dr. Şükür Hakan ATALGIN[1],

[1]Balıkesir University Faculty of Veterinary Medicine, sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID 0000-0001-9436-6270

Abstract

In this study, the morphological development and ossification status of the sternum on the 40th day of the prenatal period in dogs were evaluated. The sternum is a segmented bone structure that forms the ventral wall of the thorax, contributing to the protection of cardiopulmonary structures and thoracic respiratory movements. In adult dogs, the sternum typically consists of eight sternal segments (sternebrae). Sternal development progresses in a cranio-caudal direction. In dogs, the fusion of these bilateral sternal bands has been reported to begin around day 25 of gestation, with sternal ossification initiating at approximately day 40. The inhibition of ossification at sites where costal cartilages attach to the sternum leads to the formation of intersternebral cartilages between the sternebrae. Double staining methods, which allow differential staining of bone and cartilage tissues, represent an essential morphological approach for evaluating fetal skeletal development. In this study, the development of ossification centers in the sternum was demonstrated through simultaneous evaluation of cartilage and bone tissues using Alcian Blue and Alizarin Red S. The developmental status of the sternum was examined in 40-day-old dog fetuses, evaluating the development of the *manubrium sterni*, *corpus sterni*, *sternebrae*, and *processus xiphoideus*. The findings were compared with the 40th gestational day reported in the literature regarding the onset of ossification in the canine sternum. This study is considered to contribute to revealing the morphological characteristics of prenatal sternal development in dogs.

Keywords: Bone, dog, double staining, fetus, ossification, sternum.

40 GÜNLÜK BEKÇİ MELEZİ KÖPEK FETÜSLERİNDE KUYRUK OMURLARININ GELİŞİMİ VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Prof.Dr. Şükür Hakan ATALGIN[1],

[1]Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID 0000-0001-9436-6270

Özet

Bu çalışmada, köpek fetüslerinde gebeliğin 40. gününde kuyruk omurlarının gelişimsel özelliklerinin ve ossifikasyon durumunun değerlendirilmesi amaçlandı. Köpeklerde fetal iskelet gelişimi, özellikle columna vertebralis'in gelişimi, embriyonal ve fetal dönemde meydana gelen morfolojik değişikliklerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Çalışmada kuyruk omurlarının corpus vertebra, arcus vertebra ve processus vertebralis'larının gelişim durumları değerlendirilerek ossifiye ve kıkırdak yapıların birbirinden ayrılması amaçlandı. Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde kemik ve kıkırdak dokunun farklı şekilde boyanmasına olanak sağlayan çift boyama yöntemleri önemli bir morfolojik yaklaşım oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada Alcian Blue ve Alizarin Red S kullanılarak kıkırdak ve kemik dokularının eş zamanlı değerlendirilmesiyle kuyruk omurlarındaki ossifikasyon merkezlerinin gelişim durumu ortaya konulmuştur. Uygun solüsyonlarda saklanan kemiklerin diseksiyonları yapıldı. Stereomikroskop ve dijital kamera ile fotoğrafları çekildi. Diseke edilen kemiklerden 150 mm'lik mitutoyo marka kumpas ile ölçümler alındı. 40 günlük bekçi köpeği melezinin kuyruk kemiklerinin hepsinde primer ossifikasyon merkezine sahip olduğu gözlendi. Köpeklerde ossifikasyonun kranialden kaudale doğru ilerlediği ve gebeliğin 40. gününde son ikisi hariç kuyruk omurlarının vertebral cisimlerinde primer ossifikasyon merkezlerinin belirginleştiği gözlendi. Bu çalışmada elde edilen köpek fetüsü bulgularının, farklı evcil memeli türlerindeki vertebral gelişim modelleriyle karşılaştırılması, köpeklerde kuyruk omurlarının fetal gelişiminin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Double boyama, fetus, köpek, morfoloji, ossifikasyon, vertebra caudales.

DEVELOPMENT AND MORPHOLOGİCAL CHARACTERİSTİCS OF CAUDAL VERTEBRAE İN 40-DAY-OLD CROSSBREED GUARD DOG FETUSES

Prof.Dr. Şükür Hakan ATALGIN[1],

[1]Balıkesir University Faculty of Veterinary Medicine, sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID 0000-0001-9436-6270

Abstract

In this study, it was aimed to evaluate the developmental characteristics and ossification status of the caudal vertebrae on the 40th day of gestation in dog fetuses. Fetal skeletal development in dogs, particularly the development of the *columna vertebralis*, is of importance in terms of determining the morphological changes occurring during the embryonic and fetal periods. The study aimed to differentiate ossified and cartilaginous structures by evaluating the developmental status of the *corpus vertebrae*, *arcus vertebrae*, and *processus vertebralis* of the caudal vertebrae. Double staining methods, which enable differential staining of bone and cartilage tissues, represent a crucial morphological approach in evaluating fetal skeletal development. In this study, the developmental status of the ossification centers in the caudal vertebrae was demonstrated through the simultaneous evaluation of cartilage and bone tissues using Alcian Blue and Alizarin Red S. The bones preserved in appropriate solutions were dissected. Photographs were taken using a stereomicroscope and a digital camera. Measurements were obtained from the dissected bones using a 150 mm Mitutoyo caliper. Primary ossification centers were observed in all caudal bones of the 40-day-old crossbreed guard dog fetus. It was observed that ossification in dogs progresses in a cranio-caudal direction, and on the 40th day of gestation, primary ossification centers became distinct in the vertebral bodies of the caudal vertebrae, with the exception of the last two. Comparing the canine fetus findings obtained in this study with vertebral development models in different domestic mammalian species will contribute to a better understanding of the fetal development of caudal vertebrae in dogs.

Keywords: Caudal vertebrae, dog, double staining, fetus, morphology, ossification.

GADOLİNYUM MARUZİYETİ VE SICAKLIĞIN D*anio rerio*'larda ACHE AKTİVİTESİNE ETKİSİ

Dr. Ayşe Nur AYDIN[1], Prof. Dr. Rahmi AYDIN[2], Doç. Dr. Osman SERDAR[3]

[1]*Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, Turkey. ORCID: 0000-0002-5657-8958, email:aysenuraydin2016@gmail.com, Phone: +905418706751

[2]Munzur Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Tunceli, Turkey, ORCID: 0000-0002-3002-0892, email: raydin@munzur.edu.tr

[3]Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Turkey, ORCID: 0000-0003-1744-8883, email: osmserdar@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, nadir toprak elementi olan Gadolinyumun (Gd) farklı konsantrasyonlarda (10, 50 ve 250 mg/L) zebra balıklarında asetilkolinesteraz (AChE) aktivitesi üzerindeki etkileri araştırılmış ve sıcaklık ile maruziyet süresinin bu toksik yanıt üzerindeki rolü detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Deneylerde balıklar 22, 27 ve 32 °C sıcaklıklarda 24 ve 96 saat süreyle Gd'ye maruz bırakılmış; AChE aktivitesi standart spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları, düşük ve orta sıcaklıklarda (22–27 °C) AChE aktivitesinin görece stabil kaldığını, ancak 32 °C'de enzim aktivitesinde güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir inhibisyon meydana geldiğini göstermiştir. Gd konsantrasyonunun artışıyla enzim aktivitesindeki azalma daha belirgin hale gelmiş ve özellikle yüksek sıcaklık–yüksek doz birleşiminin en baskın inhibisyon yanıtını oluşturduğu belirlenmiştir. Buna karşın, maruziyet sürelerinin (24–96 saat) AChE aktivitesi üzerinde bağımsız bir etkisi olmadığı görülmüştür. Elde edilen veriler, AChE'nin sucul organizmalarda yalnızca nörofizyolojik bütünlüğün sürdürülmesi açısından değil, aynı zamanda çevresel stres faktörlerinin değerlendirilmesinde etkin bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini desteklemektedir. Çalışma genel olarak, artan sıcaklıkla birlikte Gd maruziyetinin sinir sistemiyle ilişkili enzim aktivitelerinde sinerjistik bir stres yaratabileceğini ve bu durumun balıkların davranışsal, metabolik ve ekolojik performanslarını olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Danio rerio,* Gadolinyum, Sıcaklık, Asetilkolinesteraz

1. GİRİŞ

Nadir toprak elementleri (NTE), 15 lantanit serisi element (La-Lu), skandiyum (Sc) ve itriyum (Y) dahil olmak üzere benzer kimyasal özelliklere sahip 17 kimyasal elementten oluşan bir gruptur (Cheisson ve Schelter, 2019). Adından da anlaşılacağı gibi nadir olmayan NTE'lerin Dünya kabuğundaki tahmini ortalama bolluğu 130-240 mg/kg'dır; bu, diğer işletilen metal elementlerden önemli ölçüde daha yüksektir (Balaram, 2019).

Nadir toprak elementleri, elektronik, imalat, tıp, yenilenebilir enerji ve tarım gibi yüksek teknoloji alanlarında giderek artan bir şekilde sömürülmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (USGS, 2020). Ancak, aynı zamanda ortaya çıkan kirleticilerdir ve bunların yaygın sömürülmesi ve kullanılması, çok sayıda olumsuz etkiyle birlikte çeşitli su ve kara ekosistemlerine salınmalarına yol açmıştır (Gu vd., 2020).

Çeşitli alanlarda nadir toprak elementlerine yönelik küresel talep arttıkça, uygulamaları, madencilik atıkları, fabrika emisyonları, tıbbi tesislerden gelen atık sular, yağmur suyuyla yıkanan atık elektrikli ve elektronik ekipmanların uygunsuz şekilde bertaraf edilmesi ve tarımsal faaliyetlerde gübre ve yem katkı maddelerinin uygulanması dahil olmak üzere çok sayıda yolla nadir toprak elementlerinin çevreye salınmasına neden olmaktadır; su kütleleri birincil emici olarak hizmet etmektedir (Dang vd., 2021; Gwenzi vd., 2018). Nadir toprak elementleri (REE'ler) artık su kütlelerine artan deşarjları nedeniyle nadir toprak elementleri kirliliğiyle ilgili endişelerin artması, yüksek maruz kalma riskleri oluşturması ve su organizmaları ve ekosistemler için potansiyel tehditler oluşturması nedeniyle yeni ortaya çıkan kirleticiler olarak kabul edilmektedir (Morin-Crini vd., 2022). Çevredeki nadir toprak elementleri, toprak, su ve besin zinciri yoluyla bitkilere, hayvanlara ve insanlara girebilir.

Bazı biyokimyasal parametreler kirleticilerin etkilerini değerlendirmek ve çevresel izleme için de iyi araçlar sunar (Ahmad vd., 2004). Bu biyobelirteçler arasında asetilkolinesteraz (AChE) bulunur. AChE aktivitesindeki değişiklikler çeşitli kirleticilerle ilişkili olabilir (Ferrari vd., 2007). AChE aktivitesinin belirlenmesi normalde beyin ve kas dokusunda yapılır.

Beyinde AChE inhibisyonu davranışta değişikliklere neden olur ve kasta kas liflerinin aşırı uyarılmasına yol açar, bu da tetani, felç ve ölüme neden olabilir (Kirby vd., 2000).

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için bulundukları çevresel koşulların, özellikle de sıcaklığın, biyolojik tolerans aralıklarıyla uyumlu olması gerekmektedir. İklim değişikliğiyle birlikte artan su sıcaklıkları, çok çeşitli organizmalar üzerinde önemli tehditler oluşturmaktadır. Sucul ekosistemlerde gözlenen sıcaklık dalgalanmaları, balıkların üreme, büyüme ve beslenme gibi temel fizyolojik süreçlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca sıcaklık artışı, kirleticilerin toksisite düzeyini yükseltmekte; sıcaklık ve kirleticilerin eş zamanlı etkisi ise organizmalarda daha belirgin ve şiddetli stres tepkilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Zebra balığı, insanlarla %87 oranında genetik homologiye sahiptir ve dış döllenme, şeffaf embriyolar ve gözlem kolaylığı gibi deneysel avantajlara sahiptir (Du vd., 2016). Zebra balığı modeli, bağışıklık toksisitesi ve nörotoksisite dahil olmak üzere çevresel toksikoloji araştırmalarında yaygın olarak kullanılmıştır (Philip vd., 2017; Mohammadi vd., 2020).

Bu çalışmada, 22, 27 ve 32 °C sıcaklıklarda belirlenen konsantrasyonlara 24 ve 96 saat süreyle doğrudan maruz bırakılan zebra balıklarında (*Danio rerio*) gadolinyumun (Gd) toksik etkileri ile kirleticiye bağlı asetilkolinesteraz (AChE) aktivitesindeki değişimler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, söz konusu kirleticinin sucul organizmalar üzerindeki sıcaklığa bağlı biyokimyasal yanıtları, model organizma olarak kullanılan zebra balığı üzerinden ortaya konulmuştur.

Ayrıca, NTE elementlerinden biri olan Gd'un çevresel etkileri, sıcaklık değişimlerinin olası modülatör etkileriyle birlikte incelenmiş ve bu elementin sucul ekosistemlerde oluşturabileceği potansiyel riskler model canlı üzerinden belirlenmeye çalışılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1.Model Organizma Temini ve Adaptasyonu

Çalışmada kullanılan *D. rerio*, laboratuvar ortamına adapte edilmiş vahşi ırk formunda, akvaryum balıkları satışı yapan ticari bir firmadan temin edilmiştir. Temin edilen canlı materyaller Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma Labratuvarında stok tanklarına yerleştirilmiştir.

Model canlılar, deneysel çalışmalara hazırlanmak üzere 22, 27 ve 32 ±1 °C sıcaklıklarda ve 14:10 saat aydınlık:karanlık fotoperyodunda bir ay süreyle adaptasyona alınmıştır. Adaptasyon sürecinde balıklar günde iki kez %50 protein içerikli yem ile beslenmiş, akvaryum suları havalandırılarak filtrelenmiştir. Ayrıca günlük olarak pH, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, sıcaklık ve sertlik gibi temel fiziko-kimyasal parametreler izlenmiştir. Akvaryum suyunun %25'i haftalık olarak dinlendirilmiş suyla değiştirilmiş ve su, ters ozmos-muşluk suyu (1:1) karışımı kullanılarak hazırlanmıştır. Adaptasyon boyunca balık davranışları düzenli şekilde gözlemlenmiştir.

Deneylerde 4 aylık, 4-6 cm uzunluğunda erişkin model organizmalar kullanılmıştır.

2.2. Gadolinyum

Çalışmada kullanılacak olan Gd ticari bir firmadan HPLC saflığında (CAS 13450-84-5) ve tuz formunda (Gadolinyum(III) klorür hekzahidrat (GdCI2(H2O)6) satın alınmıştır.

2.3. Aralık Belirleme Denemeleri

Belirlenen sıcaklıklarda Gd maruziyetine bırakılan *D. rerio* bireylerinde aralık belirleme testlerinde kullanılan konsantrasyonlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Aralık belirleme konsantrasyonları

Sıcaklık (°C)	Kontrol	I. Aralık Belirleme Testi			II. Aralık Belirleme Testi			III. Aralık Belirleme Testi		
22	0	10	30	90	25	125	625	200	400	600
27	0	10	30	90	25	125	625	200	400	600
32	0	10	30	90	25	125	625	200	400	600

2.4. Deneme Dizaynı ve Uygulama Konsantrasyonları

Laboratuvar koşullarına adapte edilen model organizmalarda uygulama konsantrasyonları, aralık belirleme testleri ve literatür taraması yapılarak 10, 50 ve 250 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu amaçla aşağıda sıralanan işlem basamakları her bir sıcaklık için (22, 27 ve 32 °C) 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır.

Çalışmada akut toksisite deneyleri litrede 10 ar adet model canlı (n=10) olacak şekilde oluşturulmuştur.

Deneysel tasarım kapsamında, büyük bir akvaryuma su eklenmiş ve chiller kullanılarak su sıcaklığı 22, 27 ve 32 °C olacak şekilde her bir deney sürecinde ayarlanmıştır. Ortam sıcaklığı ise termostatlı klima ile belirlenen sıcaklıklarda sabitlenerek su sıcaklığındaki olası değişimler en aza indirilmiştir. Akvaryumdaki su sıcaklığı sabit bir seviyeye ulaştıktan sonra, benmari yöntemiyle ilgili konsantrasyon ve örneklerin bulunduğu kaplar hazırlanmıştır. Tekrar içeren deney düzenekleri ile kontrol grubu düzenekleri, 2 litrelik cam kaplar içerisine yerleştirilmiş ve bu kaplar akvaryum içerisine konularak deneysel uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

22 °C sıcaklık için,

A grubu; (kontrol) 22 °C sıcaklık için ortama herhangi bir kirletici eklenmeyen grup,

B grubu; 22 °C sıcaklık için belirlenen 10 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

C grubu; 22 °C sıcaklık için belirlenen 50 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

D grubu; 22 °C sıcaklık için belirlenen 250 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

27 °C sıcaklık için,

E grubu; (kontrol) 27 °C sıcaklık için ortama herhangi bir kirletici eklenmeyen grup,

F grubu; 27 °C sıcaklık için belirlenen 10 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

G grubu; 27 °C sıcaklık için belirlenen 50 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

H grubu; 27 °C sıcaklık için belirlenen 250 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

32 °C sıcaklık için,

I grubu; (kontrol) 32 °C sıcaklık için ortama herhangi bir kirletici eklenmeyen grup,

J grubu; 32 °C sıcaklık için belirlenen 10 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

K grubu; 32 °C sıcaklık için belirlenen 50 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

L grubu; 32 °C sıcaklık için belirlenen 250mg/L Gd konsantrasyon grubu,

Kontrol grubu da dahil olmak üzere her bir deney grubu (**A-L**)'ndan 24 ve 96 saat sürelerde Gd'nin faklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan model organizmalar alınarak, etiketlenip biyobelirteç parametre yanıtları belirlenmek üzere -86 ºC'de

muhafaza edilmiştir. Model organizmada vücut boyutunun küçük olması (tüm vücut ağırlığı yaklaşık 4g) için doku ayrımı yapılmayarak tüm vücut örnekleme yapılmıştır.

2.5. Biyokimyasal Analizler

Biyodeneylerde, tüm vücut kullanılarak 24 ve 96 saatlerde alınan ve muhafaza edilen örneklerde biyokimyasal analizlerin yapılabilmesi için, örnekler tartıldıktan sonra PBS (fosfat tamponlu tuz çözeltisi) tamponu ile 1/10 w/v oranında soğuk zincir ortamında homojenizatör kullanılarak doku parçalanması sağlanmış ve homojenizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Homojenize edilen örnekler, soğutmalı santrifüjde 17000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek, elde edilen süpernatanlar -86 °C'deki derin dondurucuda ölçüm işlemleri tamamlanıncaya kadar saklanmıştır (Serdar ve ark., 2024).

Elde edilen süpernatantlarda AChe aktivitesi CAYMAN marka mikroplaka okuyucular ile belirlenmiştir.

2.6. İstatiksel Analizler

Akut toksisite testlerinde probit analizi; diğer verilerde gruplar arasındaki farklılıkların bulunması için Tukey/duncan çoklu karşılaştırma ile değişkenlerin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) SPSS 24.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veri analizlerinde $p<0.05$ istatisitiksel olarak belirtilmiştir.

3. BULGULAR

AChE Aktivitesi

22 °C, 27 °C ve 32°C' de Gd'nin farklı konsantrasyonlarına 24 ve 96 saat süreleri ile maruz bırakılan *D.rerio* bireylerinde AChE aktivitesinde meydana gelen değişimler Şekil-1'de verilmiştir.

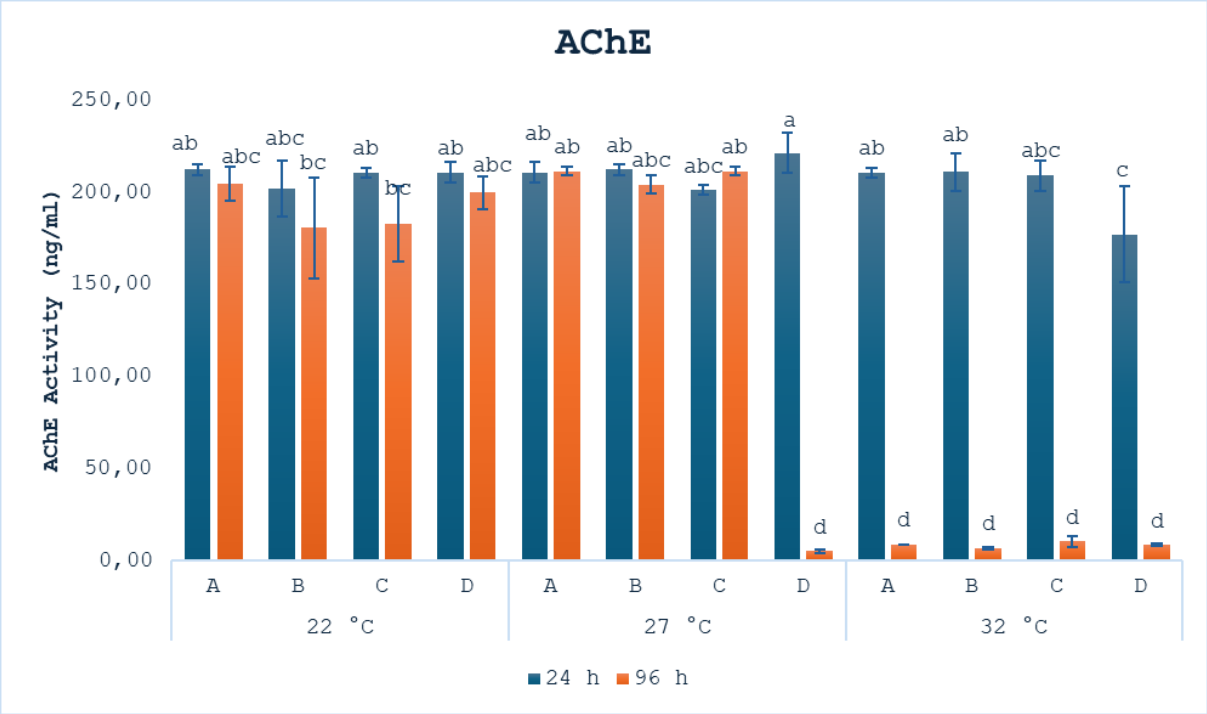
22 °C ve 27 °C arasında istatistiksel fark yoktur ($p>0,05$).

32 °C'deki tüm gruplar diğer sıcaklıklardan istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklıdır (d harf grubu) ($p<0,05$).

Yüksek sıcaklık (32 °C), AChE aktivitesini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşürmüştür.

24 h ve 96 h arasında istatistiksel fark yoktur, zaman etkisi anlamlı bulunmamıştır.

İstatistiksel varyasyon yalnızca sıcaklıktan kaynaklanmakta, grup ve zaman etkileri anlamlı değildir.



4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

22 °C ve 27 °C gruplarında 24 ve 96 saat değerleri birbirine oldukça yakındır; 96 saatlik maruziyet herhangi bir ciddi azalmaya yol açmamıştır. Ancak 32 °C gruplarında 96 saat değerleri 24 saat değerlerinden daha düşük olup yüksek sıcaklıkta zaman etkisinin belirgin şekilde arttığını göstermektedir. Bu, yüksek sıcaklığın oluşturduğu stresin zamana bağlı birikimli etki gösterdiğini düşündürür.

22 °C ve 27 °C'de gruplar arasındaki farklılıklar küçük olup çoğu birbirine yakın istatistiksel harflerle işaretlenmiştir (örn. a, ab, bc). Bu durum, uygulanan muamelelerin veya koşulların bu sıcaklıklarda AChE üzerinde çok güçlü bir farklılaştırıcı etki oluşturmadığını göstermektedir. Ancak 32 °C'de tüm gruplar ciddi aktivite kaybı göstermekte, gruplar arasındaki farklar önemsiz hâle gelmektedir. Yani sıcaklık etkisi, muamele/grup etkisinin önüne geçmiştir.

Bu çalışmada farklı sıcaklık koşullarının balıklarda AChE aktivitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve özellikle yüksek sıcaklığın enzim aktivitesini belirgin şekilde baskıladığı ortaya konmuştur. AChE, balıklarda sinaptik iletimin kesintisiz şekilde devam etmesi için kritik bir enzim olup, asetilkolinin sinaptik aralıktan uzaklaştırılmasını sağlayarak kas–sinir iletişimini düzenler. Bu nedenle AChE aktivitesindeki herhangi bir azalma, nörofizyolojik işlevlerin doğrudan bozulması anlamına gelmekte ve organizmanın davranışsal performansını, motor koordinasyonunu ve hayatta kalma başarısını önemli ölçüde etkilemektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular, 22 °C ve 27 °C sıcaklıklarında AChE aktivitesinin istatistiksel olarak benzer kaldığını, bu iki sıcaklık aralığının balıkların nörofizyolojik işlevleri için tolere edilebilir bir sınır oluşturduğunu göstermektedir. Her iki sıcaklıkta da grupların benzer harf gruplarında yer alması, enzim aktivitesinin belirgin bir baskılanma yaşamadan sürdüğünü işaret etmektedir. Bu sonuçlar, balıklarda termal tolerans bölgesi içinde sinaptik iletim süreçlerinin stabil bir biçimde devam ettiğini bildiren çalışmalarla uyumludur (López-López vd., 2019; Schreck & Tort, 2016).

Buna karşın, 32 °C'de tüm grupların "d" harf grubu ile işaretlenmesi, bu sıcaklığın AChE aktivitesini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttığını göstermektedir. Enzim aktivitesinde gözlenen bu belirgin düşüş, yüksek sıcaklığın sinir sistemi üzerinde baskılayıcı bir stres faktörü olarak etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde, sıcaklık artışının balıklarda metabolik hızlanmaya neden olduğu, buna bağlı olarak oksidatif stres seviyesinin yükseldiği ve nörotransmitter metabolizmasında bozulmalara yol açtığı bildirilmektedir (Madeira vd., 2017; Vinagre vd., 2016). AChE aktivitesinin yüksek sıcaklıkta inhibe edilmesi, bu fizyolojik stres mekanizmalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

AChE aktivitesindeki düşüşün ötesinde, yüksek sıcaklıkların ortamda bulunan kirleticilerin toksisitesini artırabileceği de bilinmektedir. Organofosfatlar, karbamatlar ve bazı ağır metaller, AChE'yi doğrudan inhibe eden önemli nörotoksikantlardır. Literatürde sıcaklık artışının bu kirleticilerin biyoyararlanımını ve metabolik etkilerini şiddetlendirdiği, dolayısıyla AChE inhibisyonunun daha belirgin hale gelebildiği vurgulanmaktadır (Fulton & Key, 2001; Sobrino-Figueroa, 2018). Bu nedenle 32 °C'de gözlenen güçlü inhibisyon, yalnızca sıcaklığın doğrudan etkisi değil; aynı zamanda yüksek sıcaklığın toksik maddelere duyarlılığı artırma potansiyeli açısından da ekotoksikolojik önem taşımaktadır.

Zaman faktörünün (24 h–96 h) istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmaması, AChE aktivitesinin sıcaklığa karşı ani ve güçlü bir yanıt verdiğini, buna karşın zamanın etkisinin sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu bulgu, balıklarda AChE inhibisyonunun genellikle maruziyetin erken döneminde gerçekleştiğini, enzim aktivitelerinin daha uzun sürelerde belirgin değişiklik göstermeden baskılandığını bildiren çalışmalarla tutarlıdır (Varó vd., 2002; Ferrari vd., 2011).

Sonuç olarak, AChE aktivitesindeki değişimlerin yalnızca nörofizyolojik bütünlüğün değerlendirilmesinde değil, aynı zamanda çevresel stres faktörlerinin etkilerinin ortaya konmasında güçlü bir biyobelirteç olduğu bir kez daha doğrulanmıştır. Bu çalışmada 32 °C'de gözlenen belirgin inhibisyon, balıkların termal stres karşısında sinir sistemi düzeyinde zayıfladığını göstermekte; bu durum hem davranışsal hem de fizyolojik performansın olumsuz etkilenebileceğine işaret etmektedir. Bu bulgular ışığında, artan küresel sıcaklıkların ve eşzamanlı kirletici maruziyetinin sucul ekosistemlerde nörotoksik riskleri artırabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Ahmad, I., Pacheco, M., & Santos, M. A. (2004). Enzymatic and nonenzymatic antioxidants as an adaptation to phagocyte-induced damage in *Anguilla anguilla* L. following in situ harbor water exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety, 57(3), 290-302.

Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, *10*(4), 1285-1303.

Cheisson, T., & Schelter, E. J. (2019). Rare earth elements: Mendeleev's bane, modern marvels. *Science*, *363*(6426), 489-493.

Dang, D. H., Thompson, K. A., Ma, L., Nguyen, H. Q., Luu, S. T., Duong, M. T. N., & Kernaghan, A. (2021). Toward the circular economy of Rare Earth Elements: a review of abundance, extraction, applications, and environmental impacts. Archives of environmental contamination and toxicology, 81(4), 521-530.

Du, Y., Guo, Q., Shan, M., Wu, Y., Huang, S., Zhao, H., ... & Su, B. (2016). Spatial and temporal distribution of dopaminergic neurons during development in zebrafish. Frontiers in neuroanatomy, 10, 115.

Darrow, A. A., Colvin, M. A., & Kelley, K. W. (2004). Environmental influences on fish physiology. *Aquatic Toxicology*, 67(1), 1–14.

Ferrari, A., Venturino, A., & de D'Angelo, A. M. P. (2007). Muscular and brain cholinesterase sensitivities to azinphos methyl and carbaryl in the juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 146(3), 308-313.

Ferrari, A., Venturino, A., & Pechen de D'Angelo, A. M. (2011). Acetylcholinesterase response to pesticides in fish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(4), 743–749.

Fulton, M. H., & Key, P. B. (2001). Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(1), 37–45.

Gu, Y. G., Gao, Y. P., Huang, H. H., & Wu, F. X. (2020). First attempt to assess ecotoxicological risk of fifteen rare earth elements and their mixtures in sediments with diffusive gradients in thin films. Water Research, 185, 116254.

Gwenzi, W., Mangori, L., Danha, C., Chaukura, N., Dunjana, N., & Sanganyado, E. (2018). Sources, behaviour, and environmental and human health risks of high-technology rare earth elements as emerging contaminants. Science of the Total Environment, 636, 299-313.

López-López, E., Sedeño-Díaz, J. E., & López-Moreno, H. (2019). Thermal tolerance and enzymatic responses of freshwater fish under variable temperature regimes. *Journal of Thermal Biology*, 82, 170–179.

Kirby, M. F., Morris, S., Hurst, M., Kirby, S. J., Neall, P., Tylor, T., & Fagg, A. (2000). The use of cholinesterase activity in flounder (*Platichthys flesus*) muscle tissue as a biomarker of neurotoxic contamination in UK estuaries. Marine pollution bulletin, 40(9), 780-791.

Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H. N., & Vinagre, C. (2017). Influence of temperature on oxidative stress in marine fish. *Marine Environmental Research*, 131, 10–17.

Mohammadi, H., Manouchehri, H., Changizi, R., Bootorabi, F., & Khorramizadeh, M. R. (2020). Concurrent metformin and silibinin therapy in diabetes: Assessments in zebrafish (*Danio rerio*) animal model. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, *19*(2), 1233-1244.

Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Liu, G., Balaram, V., Ribeiro, A. R. L., Lu, Z., ... & Crini, G. (2022). Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review. Environmental Chemistry Letters, 20(4), 2311-2338.

Ober, J. A. (2018). Mineral commodity summaries 2018. *USGS Report*, 2.

Philip, A. M., Wang, Y., Mauro, A., El-Rass, S., Marshall, J. C., Lee, W. L., ... & Wen, X. Y. (2017). Development of a zebrafish sepsis model for high-throughput drug discovery. Molecular Medicine, 23(1), 134-148.

Schreck, C. B., & Tort, L. (2016). The concept of stress in fish. In C. B. Schreck & L. Tort (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. 35, pp. 1–34). Academic Press.

Sobrino-Figueroa, A. (2018). Temperature-dependent toxicity and acetylcholinesterase inhibition in fish exposed to pesticides. *Chemosphere*, 193, 843–850.

Varó, I., Navarro, J. C., Amat, F., & Guilhermino, L. (2002). Effects of dichlorvos on cholinesterase activity of fish species. *Ecotoxicology*, 11(5), 403–416.

Vinagre, C., Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H. N., & Diniz, M. S. (2016). Impact of ocean warming and acidification on fish physiology. *Ecological Indicators*, 63, 766–774.

GADOLİNYUM TOKSİSİTESİ VE SICAKLIĞIN *Danio rerio*'da CYP450 AKTİVİTESİ ÜZERİNDEKİ BİRLEŞİK ETKİLERİ

Dr. Ayşe Nur AYDIN (Birinci yazar)[1]/ Prof. Dr. Rahmi AYDIN (İkinci yazar)[2] /Doç. Dr. Osman SERDAR

[1*]Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, Turkey. ORCID: 0000-0002-5657-8958, email:aysenuraydin2016@gmail.com, Phone: +905418706751

[2]Munzur Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Tunceli, Turkey, ORCID: 0000-0002-3002-0892, email: raydin@munzur.edu.tr

[3]Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Turkey, ORCID: 0000-0003-1744-8883, email: osmserdar@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, nadir toprak elementi olan gadolinyumun (Gd) farklı sıcaklık koşullarında *Danio rerio* üzerindeki toksik etkileri sitokrom CYP450 enzim aktivitesi temelinde incelenmiştir. Deneysel tasarımda 10, 50 ve 250 mg/L olmak üzere üç farklı Gd konsantrasyonu kullanılmış; balıklar 22, 27 ve 32 °C sıcaklıklara 24 ve 96 saat boyunca maruz bırakılmıştır. Böylece hem kısa süreli hem de daha uzun süreli maruz kalmanın sıcaklıkla etkileşim içinde enzim yanıtını nasıl şekillendirdiği değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, CYP450 aktivitesinin yalnızca Gd konsantrasyonundan değil, aynı zamanda sıcaklık değişiminden güçlü biçimde etkilendiğini ortaya koymuştur. Özellikle 22 °C ve 32 °C sıcaklıklarında tüm konsantrasyonlarda belirgin enzim aktivite artışları gözlenmiş ve bu artışların istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu durum, Gd'nin biyotransformasyon süreçlerini sıcaklıkla birlikte sinerjik şekilde etkileyebildiğini göstermektedir. Buna karşın, 27 °C'de kaydedilen enzim aktivitesi değişimlerinin anlamlı olmaması ($p>0,05$), bu sıcaklığın biyokimyasal stres tepkilerini dengeleyen bir eşik değer olabileceğini düşündürmektedir. Genel olarak bulgular, sıcaklığın metal toksisitesinin şiddetini belirleyen temel çevresel bir değişken olduğunu, Gd gibi nadir toprak elementlerinin biyotransformasyon enzimleri üzerindeki etkisinin sıcaklıkla birlikte değerlendirildiğinde daha doğru anlaşılabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, iklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışlarının sucul ekosistemlerde metal toksisitesinin etkilerini potansiyel olarak artırabileceğine işaret ederek ekotoksikolojik risk değerlendirmelerine önemli katkı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Danio rerio;* Gadolinyum; Sitokrom P450 (CYP450); Sıcaklık.

1. GİRİŞ

Nadir toprak elementlerinin üretimi, işlenmesi ve kullanımı önemli çevresel ve sağlık riskleri oluşturmaktadır (Rim, 2016). Nadir toprak elementlerinin madenciliği, tarımsal uygulamalar, endüstriyel faaliyetler, taşıt emisyonları ve kentleşme, nadir toprak elementlerinin çevresel zenginleşmesine katkıda bulunarak toprak erozyonu, kirlenme ve asitlenme dahil olmak üzere ciddi çevresel hasara yol açmaktadır (Wang ve Liang, 2015; Yuan vd., 2018) . Yüzlerce mg/kg'a ulaşan yüksek nadir toprak elementi konsantrasyonları akarsu sularında, göl tortularında, nadir toprak madenlerinin atık topraklarında ve yakındaki tarım topraklarında tespit edilmiştir (Liu vd., 2019; Fang vd., 2023; Krasavtseva vd., 2022).

Gadolinyum (Gd), insanlar da dahil olmak üzere canlı organizmalar için oldukça toksik bir iyondur (Evans, 2013; Ramalho vd., 2016; Kubota vd., 2000). Paramanyetik özellikleri, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) görüntüsünde kontrastı arttırmak ve ardından klinik tanı koymak için çok yararlı olmasını sağlar (Amet ve Deray, 2012).

Sitokrom CYP450 karma fonksiyonlu oksidaz (MFO) sistemleri, insanlarda ve bakteriler, bitkiler, suda yaşayan omurgasızlar, balıklar ve böcekler gibi çok çeşitli türlerde ilaçların ve diğer yabancı bileşiklerin oksidasyonunda önemli rol oynar. Sitokrom P450'nin ksenobiyotik detoksifikasyonuna katkısı en azından son yirmi yıldır çevre araştırmacılarının dikkatini çekmiştir (Uno ve ark. 2012). P450 enzimlerinin aktivitesi ve bunların indüksiyonu ksenobiyotik maruziyetinin biyobelirteçleri olarak kullanılmıştır, P450 genlerinin aşırı ekspresyonu ise çeşitli böceklerde pestisit direncine bağlanmıştır (Komagata ve ark. 2010). Ek olarak, P450 aktivasyonu veya inhibisyonu bir dizi sinerji oluşturan kimyasalın etki biçimi için önemli bir rol oynuyor gibi görünmektedir (Cedergreen 2014). P450 indüksiyonu, en aktif formlarına ulaşmak için oksidasyona ihtiyaç duyan kimyasalların daha hızlı aktivasyonuna yol açabilirken, P450 inhibisyonu aksi takdirde P450

aracılığıyla hızla detoksifiye edilen bileşiklerin toksisitesini artırabilir (Johnson vd. 2013). Çeşitli stres tiplerine maruz kalan farklı türlerde P450 aktivitesinin, zaman içinde ve yaşam evreleri boyunca düzenlenmesinin ve organizmaların kimyasallara karşı uygunluğu ve duyarlılığı üzerindeki sonuçlarının bilgisi, bu nedenle ekolojik olarak önemli türlerdeki kimyasal etkileri ve etkileşimleri anlamamız için çok önemlidir.

Sıcaklık değişimleri ile çevresel kirleticilerin birlikte etkileri, balıkların fizyolojik ve biyokimyasal durumları üzerinde önemli sonuçlar doğurabilir. Artan sıcaklıklar, balıkların metabolik hızını ve stres yanıtlarını değiştirirken, kirleticilerle etkileşime girerek toksik etkileri artırabilir veya farklılaşmasına neden olabilir. Bu nedenle, sıcaklık ve kirleticilerin eş zamanlı etkilerinin incelenmesi, sucul ekosistemlerde balık sağlığı ve ekolojik risklerin değerlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Toksikolojik çalışmalarda güvenilir ve güncel sonuçlar elde edebilmek için uygun model türünün seçimi büyük önem taşır. *Danio rerio*, insan gelişimi, biyolojik süreçler ve hastalık çalışmalarının yanı sıra çevresel toksikoloji ve ilaç geliştirme araştırmalarında yaygın şekilde kullanılan bir model organizmadır (Yipel ve İlhan, 2021). Bu nedenle, zebra balıkları sıklıkla "suların deney faresi" olarak anılmaktadır. Bu çalışmada, güvenilir bir biyobelirteç olarak değerlendirilebileceği için *Danio rerio* model organizma olarak tercih edilmiştir.

Yapılan bu çalışma ile Bu çalışmada, 22, 27 ve 32 °C sıcaklıklarda belirlenen konsantrasyonlara 24 ve 96 saat süreyle doğrudan maruz bırakılan zebra balıklarında (*Danio rerio*) gadolinyumun (Gd) toksik etkileri ile kirleticiye bağlı Sitokrom CYP450 aktivitesindeki değişimler değerlendirilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Model Organizma Temini ve Adaptasyonu

Çalışmada kullanılan *D. rerio*, laboratuvar ortamına adapte edilmiş vahşi ırk formunda, akvaryum balıkları satışı yapan ticari bir firmadan temin edilmiştir. Temin edilen canlı materyaller Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma Labratuvarında stok tanklarına yerleştirilmiştir.

Model canlılar, deneysel çalışmalara hazırlanmak üzere 22, 27 ve 32 ±1 °C sıcaklıklarda ve 14:10 saat aydınlık:karanlık fotoperyodunda bir ay süreyle adaptasyona alınmıştır. Adaptasyon sürecinde balıklar günde iki kez %50 protein içerikli yem ile beslenmiş, akvaryum suları havalandırılarak filtrelenmiştir. Ayrıca günlük olarak pH, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, sıcaklık ve sertlik gibi temel fiziko-kimyasal parametreler izlenmiştir. Akvaryum suyunun %25'i haftalık olarak dinlendirilmiş suyla değiştirilmiş ve su, ters ozmos-muşluk suyu (1:1) karışımı kullanılarak hazırlanmıştır. Adaptasyon boyunca balık davranışları düzenli şekilde gözlemlenmiştir.

Deneylerde 4 aylık, 4-6 cm uzunluğunda erişkin model organizmalar kullanılmıştır.

2.2. Gadolinyum

Çalışmada kullanılacak olan Gd ticari bir firmadan HPLC saflığında (CAS 13450-84-5) ve tuz formunda (Gadolinyum(III) klorür hekzahidrat (GdCI2(H2O)6) satın alınmıştır.

2.3. Aralık Belirleme Denemeleri

Belirlenen sıcaklıklarda Gd maruziyetine bırakılan *D. rerio* bireylerinde aralık belirleme testelerinde kullanılan konsantrasyonlar Tablo 2.4.1'de verilmiştir.

Tablo 1. Aralık belirleme konsantrasyonları

Sıcaklık (℃)	Kontrol	I. Aralık Belirleme Testi			II. Aralık Belirleme Testi			III. Aralık Belirleme Testi		
22	0	10	30	90	25	125	625	200	400	600
27	0	10	30	90	25	125	625	200	400	600
32	0	10	30	90	25	125	625	200	400	600

2.4. Deneme Dizaynı ve Uygulama Konsantrasyonları

Laboratuvar koşullarına adapte edilen model organizmalarda uygulama konsantrasyonları, aralık belirleme testleri ve literatür taraması yapılarak 10, 50 ve 250 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu amaçla aşağıda sıralanan işlem basamakları her bir sıcaklık için (22, 27 ve 32 °C) 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır.

Çalışmada akut toksisite deneyleri litrede 10 ar adet model canlı (n=10) olacak şekilde oluşturulmuştur (Resim 2.2.).

Deneysel tasarım kapsamında, büyük bir akvaryuma su eklenmiş ve chiller kullanılarak su sıcaklığı 22, 27 ve 32 °C olacak şekilde her bir deney sürecinde ayarlanmıştır. Ortam sıcaklığı ise termostatlı klima ile belirlenen sıcaklıklarda sabitlenerek su sıcaklığındaki olası değişimler en aza indirilmiştir. Akvaryumdaki su sıcaklığı sabit bir seviyeye ulaştıktan sonra, benmari yöntemiyle ilgili konsantrasyon ve örneklerin bulunduğu kaplar hazırlanmıştır. Tekrar içeren deney düzenekleri ile kontrol grubu düzenekleri, 2 litrelik cam kaplar içerisine yerleştirilmiş ve bu kaplar akvaryum içerisine konularak deneysel uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

22 °C sıcaklık için,

A grubu; (kontrol) 22 °C sıcaklık için ortama herhangi bir kirletici eklenmeyen grup,

B grubu; 22 °C sıcaklık için belirlenen 10 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

C grubu; 22 °C sıcaklık için belirlenen 50 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

D grubu; 22 °C sıcaklık için belirlenen 250 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

27 °C sıcaklık için,

E grubu; (kontrol) 27 °C sıcaklık için ortama herhangi bir kirletici eklenmeyen grup,

F grubu; 27 °C sıcaklık için belirlenen 10 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

G grubu; 27 °C sıcaklık için belirlenen 50 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

H grubu; 27 °C sıcaklık için belirlenen 250 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

32 °C sıcaklık için,

I grubu; (kontrol) 32 °C sıcaklık için ortama herhangi bir kirletici eklenmeyen grup,

J grubu; 32 °C sıcaklık için belirlenen 10 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

K grubu; 32 °C sıcaklık için belirlenen 50 mg/L Gd konsantrasyon grubu,

L grubu; 32 °C sıcaklık için belirlenen 250mg/L Gd konsantrasyon grubu,

Kontrol grubu da dahil olmak üzere her bir deney grubu (**A-L**)'ndan 24 ve 96 saat sürelerde Gd'nin faklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan model organizmalar alınarak, etiketlenip biyobelirteç parametre yanıtları belirlenmek üzere -86 ºC'de muhafaza edilmiştir. Model organizmada vücut boyutunun küçük olması (tüm vücut ağırlığı yaklaşık 4g) için doku ayrımı yapılmayarak tüm vücut örnekleme yapılmıştır.

2.5. Biyokimyasal Analizler

Biyodeneylerde, tüm vücut kullanılarak 24 ve 96 saatlerde alınan ve muhafaza edilen örneklerde biyokimyasal analizlerin yapılabilmesi için, örnekler tartıldıktan sonra PBS (fosfat tamponlu tuz çözeltisi) tamponu ile 1/10 w/v oranında soğuk zincir ortamında homojenizatör kullanılarak doku parçalanması sağlanmış ve homojenizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Homojenize edilen örnekler, soğutmalı santrifüjde 17000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek, elde edilen süpernatanlar -86 °C'deki derin dondurucuda ölçüm işlemleri tamamlanıncaya kadar saklanmıştır (Serdar ve ark., 2024).

Elde edilen süpernatantlarda CYP450 aktivitesi CAYMAN marka mikroplaka okuyucular ile belirlenmiştir.

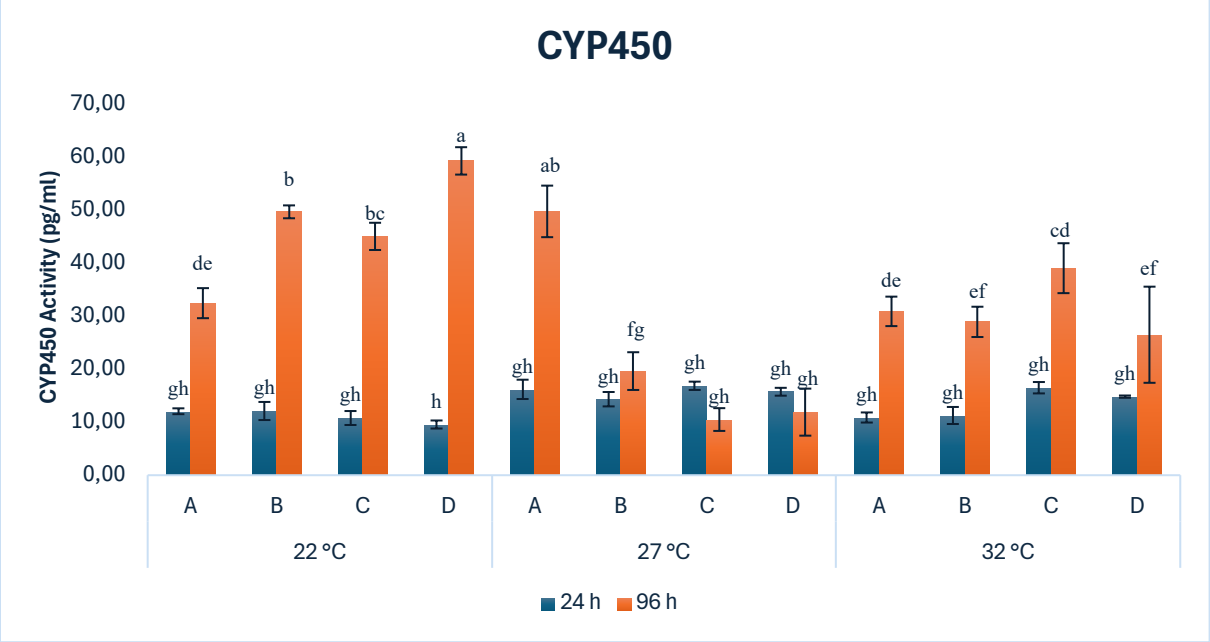
2.6. İstatiksel Analizler

Akut toksisite testlerinde probit analizi; diğer verilerde gruplar arasındaki farklılıkların bulunması için Tukey/duncan çoklu karşılaştırma ile değişkenlerin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) SPSS 24.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veri analizlerinde $p<0.05$ istatisitiksel olarak belirtilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Sitokrom CYP450 Aktivitesi

Şekil 1, 22 °C, 27 °C ve 32 °C sıcaklıklarda farklı Gd konsantrasyonlarına 24 ve 96 saat süreyle maruz bırakılan *D. rerio* bireylerinde sitokrom CYP450 aktivitesindeki değişimleri göstermektedir. 22 °C ve 32 °C'de, tüm uygulama süreleri ve konsantrasyonlarda gözlenen artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Buna karşın, 27 °C'de meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).



Şekil 1. Gd maruziyeti sonucunda *D. rerio*'da meydana gelen CYP450 aktivite değişimleri

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, *D. rerio* bireylerinin farklı Gd konsantrasyonlarına ve sıcaklıklara maruz kalması sonucunda sitokrom CYP450 aktivitesinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sıcaklığın toksik yanıt üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. 22 °C ve 32 °C'de gözlenen anlamlı artışlar ($p<0,05$), Gd'nin metabolik aktiviteyi uyaran etkisinin hem düşük hem de yüksek sınır sıcaklıklarda daha belirgin olduğunu göstermektedir. Bu durum, CYP450 enzimlerinin sıcaklık değişimlerine duyarlılığı ve organizmanın metabolik stres yanıtı ile ilişkilendirilebilir.

Buna karşılık, 27 °C'de gözlenen değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, orta sıcaklıkta organizmanın daha dengeli bir metabolik yanıt gösterdiğine işaret edebilir. Bu sonuç, optimal sıcaklık aralığının organizmanın toksik maddelere karşı toleransını etkilediğini desteklemektedir. Benzer şekilde, literatürde sıcaklık ve metal toksisitesinin etkileşimli olarak

enzim aktivitelerini değiştirdiğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Sleiderink vd., 1995; Badger vd., 1997; Hanana vd., 2021; Kang vd., 2022; Hanana vd., 2024; Aydın ve Serdar, 2025).

Literatür incelendiğinde, nadir toprak elementlerinin sucul organizmalarda çeşitli biyokimyasal süreçleri etkileyebildiği, ayrıca sıcaklığın özellikle detoksifikasyonla ilişkili enzimler üzerinde belirgin düzenleyici bir role sahip olduğu bilinmektedir. Ancak, sıcaklığın nadir toprak elementleriyle birlikte CYP450 aktivitesini nasıl şekillendirdiğini ele alan çalışmaların oldukça az olduğu görülmektedir. Mevcut araştırmalar REE bileşiklerinin CYP450 enzim sistemini etkileyebileceğini göstermesine rağmen, bu etkinin farklı sıcaklık koşullarında nasıl değiştiğine dair veriler sınırlıdır. Bu nedenle, Gd maruziyetinin değişen sıcaklıklarda CYP450 yanıtına etkisini değerlendiren bu çalışma, literatürdeki bu eksikliği gidererek REE toksisitesinin çevresel faktörlerle etkileşimli mekanizmalarının anlaşılmasına katkı sunmaktadır.

Elde edilen bulgular, çevresel sıcaklık değişimlerinin ve metal maruziyetinin *D. rerio* gibi model organizmalarda metabolik yanıtı belirgin şekilde etkileyebileceğini göstermektedir. Bu durum, iklim değişikliği ve ağır metal kirliliği gibi çevresel stres faktörlerinin sucul ekosistemler üzerindeki potansiyel risklerini değerlendirmek için önemlidir.

Gelecek çalışmalarda, farklı sıcaklık ve Gd konsantrasyonlarının uzun dönemli etkilerinin ve diğer metabolik belirteçlerle ilişkilerinin incelenmesi, toksik yanıt mekanizmalarının daha detaylı anlaşılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Amet, S., & Deray, G. (2012). Toxicité rénale des produits de contraste chez le patient oncologique. Bulletin du cancer, 99(3), 295-307.

Aydın, A. N., & Serdar, O.2025. Determination of Oxidative Stress Responses in *Dreissena polymorpha* Exposed to Rare Earth Elements (Terbium, Lanthanum, Gadolinium and Praseodymium) with Temperature. *Acta Aquatica Turcica*, *21*(2), 145-157.

Badger, D. A., Kuester, R. K., Sauer, J. M., & Sipes, I. G. (1997). Gadolinium chloride reduces cytochrome P450: relevance to chemical-induced hepatotoxicity. Toxicology, 121(2), 143-153.

Cedergreen, N. (2014). Quantifying synergy: a systematic review of mixture toxicity studies within environmental toxicology. *PloS one*, *9*(5), e96580.

Evans, C. H. (2013). *Biochemistry of the Lanthanides* (Vol. 8). Springer Science & Business Media.

Fang, X., Peng, B., Guo, X., Wu, S., Xie, S., Wu, J., ... & Dai, Y. (2023). Distribution, source and contamination of rare earth elements in sediments from lower reaches of the Xiangjiang River, China. *Environmental Pollution*, *336*, 122384.

Hanana, H., Kleinert, C., & Gagné, F. (2021). Toxicity of representative mixture of five rare earth elements in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(22), 28263-28274.

Hanana, H., Auclair, J., Turcotte, P., Gagnon, C., & Gagné, F. (2024). Toxicity of two heavy rare earth elements to freshwater mussels *Dreissena polymorpha*. Environmental Science and Pollution Research, 31(25), 37125-37135.

Johnson, R. M., Dahlgren, L., Siegfried, B. D., & Ellis, M. D. (2013). Acaricide, fungicide and drug interactions in honey bees (Apis mellifera). *PloS one*, *8*(1), e54092.

Kang, S., Guo, C., Xue, C., Ma, C., Mu, H., & Sun, L. (2022). Toxic effects of two representative rare earth elements (La and Gd) on *Danio rerio* based on transcriptome analysis. *Toxics*, *10*(9), 519.

Komagata, O., Kasai, S., & Tomita, T. (2010). Overexpression of cytochrome P450 genes in pyrethroid-resistant Culex quinquefasciatus. *Insect biochemistry and molecular biology*, *40*(2), 146-152.

Krasavtseva, E., Sandimirov, S., Elizarova, I., & Makarov, D. (2022). Assessment of trace and rare earth elements pollution in water bodies in the area of rare metal enterprise influence: A case study—Kola Subarctic. *Water*, *14*(21), 3406.

Kubota, Y., Takahashi, S., Takahashi, I., & Patrick, G. (2000). Different cytotoxic response to gadolinium between mouse and rat alveolar macrophages. *Toxicology in vitro*, *14*(4), 309-319.

Liu, W. S., Guo, M. N., Liu, C., Yuan, M., Chen, X. T., Huot, H., ... & Qiu, R. L. (2019). Water, sediment and agricultural soil contamination from an ion-adsorption rare earth mining area. *Chemosphere*, *216*, 75-83.

Ramalho, J., Semelka, R. C., Ramalho, M., Nunes, R. H., AlObaidy, M., & Castillo, M. (2016). Gadolinium-based contrast agent accumulation and toxicity: an update. American Journal of Neuroradiology, 37(7), 1192-1198.

Rim, K. T. (2016). Effects of rare earth elements on the environment and human health: a literature review. Toxicology and Environmental Health Sciences, 8(3), 189-200.

Sleiderink, H. M., Beyer, J., Everaarts, J. M., & Boon, J. P. (1995). Influence of temperature on cytochrome P450 1A in dab (Limanda limanda) from the southern North Sea: results from field surveys and a laboratory study. Marine Environmental Research, 39(1-4), 67-71.

Uno, T., Ishizuka, M., & Itakura, T. (2012). Cytochrome P450 (CYP) in fish. *Environmental toxicology and pharmacology*, *34*(1), 1-13.

Yipel, M., İlhan, A., 2021. Zebra Balığı (*Danio Rerio*): Toksikolojik Çalışmalar İçin Uygun Bir Model Organizma. *Veteriner Farmakoloji Ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 12(3), 161-167..

Yuan, Y., Cave, M., & Zhang, C. (2018). Using Local Moran's I to identify contamination hotspots of rare earth elements in urban soils of London. Applied geochemistry, 88, 167-178.

Wang, L., & Liang, T. (2015). Geochemical fractions of rare earth elements in soil around a mine tailing in Baotou, China. *Scientific reports*, *5*(1), 12483.

VARIATION IN HAZELNUT BLANCHING RATIO IN RELATION TO FRUIT POSITION WITHIN THE CANOPY

Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN[1], Agricultural Engineer Onur KUMAŞ[2]

[1] Ordu University, Agricultural Faculty, Horticultural Department, Ordu, Türkiye

E-mail: szbostan@hotmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6398-1916

[2]Ordu University, Agricultural Faculty, Horticultural Department, Ordu, Türkiye

E-mail: onurkms26@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0930-7825

Abstract

This study was conducted to determine the effects of the vertical position of fruits within the plant canopy on the complete and average blanching ratios of the Giresun-quality 'Tombul' hazelnut cultivar. The experiment was established in a randomized plot design with three replications. A total of 90 ocaks (multi-stemmed bushes), with 30 ocaks in each replication, and three plants from each ocak were used, resulting in 270 individual plants. Fruit samples were collected at harvest maturity from the lower, middle, and upper sections of the canopy. The harvested nut clusters were sun-dried on a grass-covered surface, manually separated from their husks, and then dried for a total of five full sunny days. Good kernels were subjected to heat treatment at 175 °C for 15 min. After cooling, the kernels were rubbed manually for a maximum of 20 s, and the complete and average blanching ratios were determined. The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the LSD test. Fruit position within the canopy significantly affected both the complete and average blanching ratios ($p<0.05$). The complete blanching ratios were 64.76%, 56.98%, and 55.08% for fruits collected from the lower, middle, and upper positions, respectively. The corresponding average blanching ratios were 92.95%, 91.00%, and 90.08%. Fruits obtained from the lower canopy exhibited the highest values for both blanching characteristics and differed significantly from those collected from the middle and upper canopy sections, particularly in terms of complete blanching ratio. These results demonstrate that fruit position within the canopy is an important factor influencing the blanching performance of the 'Tombul' hazelnut cultivar. Therefore, blanching performance, together with yield and conventional nut-quality characteristics, should be considered when selecting training and pruning systems for hazelnut production.

Keywords: *Corylus avellana* L., 'Tombul', pellicle, kernel quality, heat treatment, pellicle removal

FINDIK MEYVESİNİN BEYAZLAMA ORANININ TAÇ İÇERİSİNDEKİ KONUMUNA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİ

Özet

Bu çalışma, Giresun Kalite 'Tombul' fındık çeşidinde meyvenin bitki tacındaki dikey konumunun tam ve ortalama beyazlama oranları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 30 ocak olmak üzere toplam 90 ocak ve her ocakta üç bitki kullanılarak toplam 270 bitki üzerinde çalışılmıştır. Meyve örnekleri bitki tacının alt, orta ve üst bölümlerinden hasat olumunda alınmıştır. Hasat edilen meyveler çimen zemin üzerinde güneşte kurutulmuş, zuruflarından ayrılmış ve kabuklu fındıkların kurutulmasına toplam beş tam güneşli gün boyunca devam edilmiştir. Sağlam iç fındıklar 175 °C'de 15 dakika süreyle ısıl işleme tabi tutulmuş, soğutulduktan sonra en fazla 20 saniye süreyle elle ovularak tam ve ortalama beyazlama oranları belirlenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar LSD testiyle karşılaştırılmıştır. Meyvenin bitki üzerindeki konumu hem tam hem de ortalama beyazlama oranını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0.05$). Tam beyazlama oranı tacın alt, orta ve üst bölümlerinde sırasıyla %64.76, %56.98 ve %55.08 olarak belirlenmiştir. Ortalama beyazlama oranı ise aynı konumlarda sırasıyla %92.95, %91.00 ve %90.08 olmuştur. Tacın alt bölümünden elde edilen meyveler her iki özellik bakımından da en yüksek değerlere sahip olurken, özellikle tam beyazlama oranı açısından orta ve üst konumlardan önemli düzeyde ayrılmıştır. Sonuçlar, meyvenin taç içerisindeki konumunun 'Tombul' fındık çeşidinin beyazlama özelliğini etkileyen önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, fındıkta terbiye ve budama sistemlerinin oluşturulmasında yalnızca verim ve geleneksel kalite özelliklerinin değil, beyazlama performansının da dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Corylus avellana* L., 'Tombul', tohum zarı, iç kalite, ısıl işlem, zar uzaklaştırma

1. INTRODUCTION

The global hazelnut market is dominated by Türkiye, Italy, the USA, Azerbaijan, and Chile, which account for 59.15%, 9.95%, 7.25%, 6.25%, and 6.05% of total production, respectively (FAO, 2024). These countries market almost their entire production as hazelnut kernels intended for culinary applications rather than as in-shell nuts. For this purpose, kernels with a uniform white color and a testa that can be completely removed are preferred, because the testa may impart a bitter taste. Therefore, breeding cultivars with good blanching ability is of considerable importance for the hazelnut kernel market (Mehlenbacher and Smith, 1988; Silvestri et al., 2021).

In hazelnuts, a certain proportion of the testa is naturally detached from the kernel when the shell is cracked. However, this natural detachment has no practical significance for obtaining blanched hazelnuts. During the quality evaluation of in-shell nuts and kernels, characteristics such as blanching ratio, kernel percentage, fruit shape, and fruit size are also taken into consideration (Çetiner, 1976). Blanching ability is defined as the degree of testa removal achieved by exposing hazelnut kernels to a specific temperature for a specified period. As a result of this process, the kernels may acquire improved flavor, crispness, color, and textural characteristics. In hazelnut, yield and fruit-quality characteristics may vary depending on differences in light exposure within the canopy and the position of the fruits on the plant.

Light management is one of the critical factors for ensuring sustainable productivity in hazelnut production. Low light levels caused by shading within the tree canopy reduce yield in the following year, nut quality, and the density of both female and male flowers (Azarenko et al., 1997). Insufficient light penetration into the canopy may therefore be one of the causes of low productivity. In the dense canopies of hazelnut orchards, photosynthetically active radiation (PAR) decreases rapidly with increasing canopy depth. In most orchards, limited light penetration restricts flower-bud development, fruit set, and fruit quality (Khalil et al., 2023).

Hazelnut cultivars are primarily selected to meet the requirements of the food industry, which focuses on obtaining uniform, high-quality products with low defect rates. Other desirable characteristics include a high kernel percentage, uniform size of both in-shell nuts and kernels, favorable taste and aroma, and a high blanching ratio, expressed as a high degree of pellicle removal after kernel blanching and roasting (Fontana et al., 2014).

The blanching and roasting of hazelnut kernels are processes that considerably influence hazelnut flavor and aroma and may partially affect the integrity of their constituents (Alasalvar et al., 2010). A high degree of testa removal during blanching and roasting is also highly valued by the confectionery industry, which uses these products as ingredients in the

manufacture of other processed foods (Silvestri et al., 2021).

For the marketing of in-shell hazelnuts, kernels with low fiber content are preferred. Similarly, kernels marketed as raw products should be uniformly plump and large and should possess a smooth, light-colored testa with a low fiber content. However, when kernels are marketed after blanching, fiber content is of relatively little importance because the fibers are removed together with the testa. Fiber content is scored on a scale ranging from 1, indicating the absence of fibers, to 4, indicating a high fiber content (Mehlenbacher and Molnar, 2022). Thompson (1977) and Yao and Mehlenbacher (2000) reported that the fiber content of raw kernels was highly heritable, with estimated heritability values of 68% and 56%, respectively. The fiber content of progenies is generally higher than the mean value of the two parents. Ease of pellicle removal, also referred to as blanching ability, is evaluated after the kernels have been roasted at 130-150 °C for 15-20 min and subsequently rubbed. Crosses between parents with poor and good blanching characteristics generally produce individuals with an intermediate level of blanching ability (Mehlenbacher and Molnar, 2022).

Several previous studies have demonstrated that fruit position within the tree canopy affects hazelnut yield and quality characteristics (Azarenko et al., 1997; Bignami et al., 2005; Oliveira et al., 2019; Hampson et al., 1996; Santos et al., 2001; Valentini et al., 2009; Me et al., 2005; Pannico et al., 2017). Previous studies on hazelnut blanching have also reported that blanching characteristics vary significantly depending on ecological conditions (Çetiner, 1976 and Çetiner et al., 1984), cultivars and drying environments (Bostan, 1999a; Bostan, 1999b), and years (Bostan and Günay, 2009). The effect of plant age has been reported to vary among cultivars (Bostan, 2001), while a significant positive relationship has been identified between the complete blanching ratio and the average blanching ratio (Bostan, 2023). Significant relationships have also been found between blanching ratio and shell thickness (Bostan and İslam, 1999a). In addition, optimum blanching temperatures and durations vary among cultivars (Bostan and İslam, 1999b), and the effects of harvesting hazelnuts from the ground or directly from the branches differ depending on the cultivar (Çırak and Bostan, 2018). These findings indicate that blanching characteristics are influenced by numerous factors.

Although previous studies have examined the blanching ratio, which is influenced by numerous factors, no research results have been identified regarding variation in blanching ratios according to fruit position within the plant canopy. Therefore, the present study was conducted to determine the variation in blanching ratio according to fruit position within the canopy of the Giresun Quality ‘Tombul’ hazelnut cultivar, which is regarded as one of the highest-quality hazelnut cultivars worldwide. The study also aimed to address the knowledge gap remaining from previous research and to ensure that blanching ratio is considered when selecting appropriate training and pruning systems.

2. MATERIALS AND METHODS

Materials

The study was conducted in 2023 on the Giresun Quality ‘Tombul’ hazelnut cultivar grown in a commercial hazelnut orchard belonging to a local producer in Boncukçukur village, Güce district, Giresun Province, Türkiye.

The orchard was established using the traditional ocak (multi-stemmed bush) planting system and consisted of 30-year-old plants at the full-bearing stage. The orchard was located 33 km from the coast at an altitude of 765 m above sea level. The Giresun Quality ‘Tombul’ cultivar was the predominant cultivar in the orchard, while ‘Çakıldak’ and ‘Foşa’, together with a limited number of ‘Palaz’ plants, were also grown. The average spacing between ocaks was approximately 3 m, and the number of plant per ocak ranged from 8 to 10. The study was conducted on a 4-da section of the orchard, which had a southern exposure and a slope of 25%.

Suckers were removed once a year. No supplementary irrigation was applied, and the water requirements of the plants were met entirely by natural precipitation. Nitrogen fertilizer was applied during spring, whereas winter fertilization was performed every three years based on soil analysis results. Diseases and pests were generally observed at low levels in the orchard; however, fungicide treatments were applied against powdery mildew when disease severity was high. Weeds were also removed from the orchard before harvest.

Methods

The experiment was arranged in a completely randomized design with three replications. The study began with the selection of ocaks within the experimental area. The ocaks were selected at widely separated locations and distributed throughout the entire orchard. A total of 90 ocaks, comprising 30 ocaks per replication, were included in the experiment. Three plants were selected from each ocak, resulting in a total of 270 plants being evaluated.

Sampling was performed from three different positions on each selected plant. Hazelnut clusters were collected from both the right and left sides of the upper, middle, and lower sections of each plant.

Harvesting was performed when the husks had turned yellowish-red, the nuts had begun to move freely within the husks, and approximately three-quarters of the hard shell had acquired a reddish-brown color (Okay et al., 1986).

The clusters from a total of 270 sample groups (3 replications × 30 ocaks × 3 positions) were spread on a grass-covered drying area and sun-dried. After the husks had dried, the nuts were manually separated from the clusters. The dehusked in-shell nuts were subsequently dried again, with drying continuing for a total of five fully sunny days. The shells of the dried samples from each group were cracked using a nutcracker, and the good kernels were placed in glass Petri dishes. The Petri dishes were placed in an oven preheated to 175 °C, and the kernels were subjected to blanching for 15 min (Bostan and İslam, 1999b). After removal from the oven, the samples were allowed to cool. Each sample was then rubbed between the fingers of both hands for no longer than 20 s, and its blanching status was evaluated (Mehlenbacher and Smith, 1988).

Following this procedure, kernels with no remaining testa on their surface were classified as “completely blanched.” For kernels retaining a certain proportion of the testa, the blanching level of each kernel was visually estimated as a percentage, and these kernels were classified as “partially blanched.” The “complete blanching ratio” was calculated as the percentage of completely blanched kernels relative to the total number of kernels in each Petri dish. The “average blanching ratio” was calculated as the mean of the individual blanching percentages of all completely and partially blanched kernels and was expressed as a percentage (Bostan and İslam, 1999b).

Statistical Analyses

The complete blanching ratio and average blanching ratio data obtained from the study were subjected separately to analysis of variance (ANOVA). When the effect of fruit position within the plant canopy was found to be statistically significant, the means of the canopy positions were compared using the LSD (Least Significant Difference) multiple comparison test.

Statistical significance was assessed at $p < 0.05$. All analyses were performed using the SAS JMP 13.2.0 statistical software package, and the results were presented as arithmetic means (%).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Descriptive Statistics

Table 1 shows the descriptive statistics for complete and average blanching ratios according to fruit position within the canopy. The complete blanching ratio exhibited greater variability than the average blanching ratio across all canopy positions. The highest complete blanching ratio was recorded in fruits collected from the lower canopy (64.76%), followed by the upper (56.98%) and middle (55.08%) canopy positions. The coefficient of variation (CV) for complete blanching ratio ranged from 19.81% to 31.75%, indicating relatively high variability among fruits.

Table 1. Descriptive statistics of blanching ratios according to fruit position within the canopy

Variable	Position	n	Mean	StDeviation	StError	Min	Max	CV(%)
Complete blanching ratio (%)	Upper	30	56.98	18.09	3.30	18.18	85.71	31.75
	Middle	30	55.08	12.93	2.36	33.33	77.77	23.48
	Lower	30	64.76	12.83	2.34	43.75	95.45	19.81
Average blanching ratio (%)	Upper	30	90.08	5.34	0.97	79.75	99.10	5.92
	Middle	30	91.00	4.04	0.74	82.75	97.50	4.44
	Lower	30	92.95	3.95	0.72	81.80	99.50	4.25

In contrast, the average blanching ratio showed a narrower range of variation. Mean values varied between 90.08% and 92.95%, with the highest value again observed in the lower canopy position. The coefficients of variation were considerably lower (4.25-5.92%) than those of the complete blanching ratio, indicating that the average blanching ratio was a more stable trait regardless of canopy position.

3.2. Variance Analyze

The one-way ANOVA revealed that fruit position within the canopy had a significant effect on the complete blanching ratio ($F = 3.5892$, $p = 0.0318$). The coefficient of variation was 25.15%, indicating moderate experimental variability. The effect size estimates showed that canopy position explained approximately 7.6% of the total variation ($\eta^2 = 0.0762$), while the adjusted effect size ($\omega^2 = 0.0544$) indicated a small to moderate biological effect (Table 2). These results demonstrate that fruit position within the canopy significantly influences the complete blanching performance of hazelnuts.

Table 2. One-way analysis of variance for complete blanching ratio according to fruit position within the canopy

Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F	p	Criterion	Value
Position	1577.4313	2.0000	788.7156	3.5892	0.0318	$LSD_{0.05}$	7.6075
Error	19117.7646	87.0000	219.7444			Overall mean	58.9392
Total	20695.1958	89.0000				Error CV (%)	25.1510
						Eta-squared (η^2)	0.0762
						Omega-squared (ω^2)	0.0544

Fruit position within the canopy also significantly affected the average blanching ratio ($F = 3.2077$, $p = 0.0453$). However, the magnitude of this effect was relatively limited. The experimental coefficient of variation was only 4.91%, indicating high experimental precision. The calculated effect sizes ($\eta^2 = 0.0687$ and $\omega^2 = 0.0468$) suggested that canopy position accounted for approximately 5-7% of the observed variation (Table 3). Although statistically significant, the influence of canopy position on the average blanching ratio was weaker than that observed for the complete blanching ratio.

Table 3. One-way analysis of variance for average blanching ratio according to fruit position within the canopy

Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F	p	Criterion	Value
Position	129.1567	2.0000	64.5784	3.2077	0.0453	$LSD_{0.05}$	2.3027
Error	1751.4867	87.0000	20.1320			Overall mean	91.3418
Total	1880.6435	89.0000				Error CV (%)	4.9122
						Eta-squared (η^2)	0.0687
						Omega-squared (ω^2)	0.0468

The LSD multiple comparison test indicated that fruits harvested from the lower canopy had the highest complete blanching ratio (64.76%) and formed a separate statistical group (a), whereas fruits collected from the upper (56.98%) and middle (55.08%) canopy positions did not differ significantly from each other and were assigned to the same statistical group (b) (Table 4).

For the average blanching ratio, the lower canopy again produced the highest mean value (92.95%) and differed

significantly from the upper canopy (90.08%). The middle canopy (91.00%) showed an intermediate response and was not significantly different from either the lower or upper canopy, as indicated by its assignment to the overlapping group (ab). These results suggest that fruits developing in the lower canopy exhibit superior blanching characteristics, particularly with respect to complete pellicle removal.

Table 4. Comparison of blanching ratios among canopy positions using the LSD multiple comparison test

Variable	Position	Mean	Group
Complete blanching ratio (%)	Lower	64.76	a
	Upper	56.98	b
	Middle	55.08	b
Average blanching ratio (%)	Lower	92.95	a
	Middle	91.00	ab
	Upper	90.08	b

Figure 1 illustrates the variation in the complete and average blanching ratios of hazelnut kernels according to fruit position within the canopy. The highest complete blanching ratio was obtained from fruits harvested from the lower canopy (64.76%), whereas the upper (56.98%) and middle (55.08%) positions exhibited considerably lower values. The lower canopy exceeded the upper and middle canopy positions by approximately 7.8 and 9.7 percentage points, respectively. In contrast, only a slight difference (1.90 percentage points) was observed between the upper and middle canopy positions. These results indicate that fruits developing in the lower part of the canopy possess a greater capacity for complete pellicle removal after roasting than those produced in the upper and middle canopy sections.

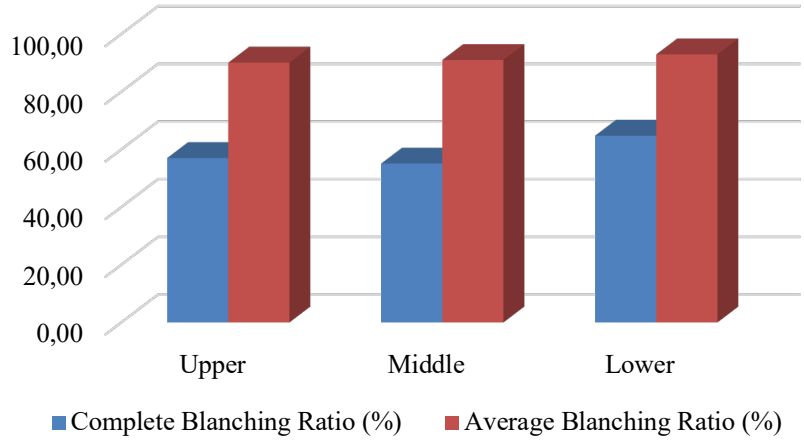


Figure 1. Variation in the blanching ratio of hazelnut kernels according to fruit position within the canopy

The highest average blanching ratio was observed in fruits harvested from the lower canopy (92.95%), followed by the middle (91.00%) and upper (90.08%) canopy positions. The average blanching ratio increased progressively from the upper to the lower canopy. Fruits collected from the lower canopy exhibited approximately 2.87 and 1.95 percentage points higher average blanching ratios than those harvested from the upper and middle canopy positions, respectively. These findings indicate that fruit development in the lower canopy is associated with improved average blanching performance.

4. CONCLUSIONS

The present study demonstrated that fruit position within the canopy significantly influences the blanching performance of the Giresun-quality 'Tombul' hazelnut cultivar. Fruits harvested from the lower canopy consistently

exhibited the highest complete and average blanching ratios, whereas those collected from the middle and upper canopy showed lower blanching performance. The effect of canopy position was more pronounced for the complete blanching ratio than for the average blanching ratio.

These findings indicate that the microenvironment associated with fruit position within the canopy contributes to the technological quality of hazelnuts, particularly to pellicle removal after roasting. Therefore, fruit position should be considered as an important source of variation when evaluating blanching characteristics and comparing cultivars or orchard management practices.

From a practical perspective, the results suggest that canopy management practices aimed at improving light distribution and maintaining a balanced canopy structure may contribute not only to higher yield and conventional quality traits but also to improved blanching performance. Consequently, blanching ability should be incorporated into the evaluation criteria used for pruning, training systems, orchard management, and cultivar selection in hazelnut production.

Since this study was conducted using only the 'Tombul' cultivar under a single ecological condition, further research involving different cultivars, production environments, and canopy architectures is needed to clarify the physiological mechanisms responsible for the observed differences and to determine the consistency of these responses under diverse growing conditions.

Acknowledgement

This study was supported by the TÜBİTAK 2209-A University Students Research Projects Support Program (Project No. 1919B012316978, 2023 Second Call). The authors would like to thank TÜBİTAK for its financial support.

REFERENCES

Akçin, Y., & Bostan, S. Z. (2019). Döllenme ile hasat önü dönemi arasındaki sulamaların 'Tombul' fındık çeşidinde bazı kimyasal ve teknolojik özelliklere etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 8(Özel Sayı), 39-44. DOI: http://dx.doi.org/10.29278/azd.646793

Alasalvar, C., Pelvan, E., & Amarowicz, R. (2010). Effects of roasting on taste-active compounds of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(15), 8674-8679. https://doi.org/10.1021/jf101039f

Azarenko, A. N., McCluskey, R. L., & Hampson, C. R. (1997). Time of shading influences yield, nut quality, and flowering. Acta Horticulturae, 445, 179-184. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.323.31

Bignami, C., Bertazza, G., Bizzarri, S., Bruziches, A., Cammilli, C., & Cristofori, V. (2005). Effect of high density and dynamic tree spacing on yield and quality of the hazelnut cultivar ´Tonda Gentile Romana´. Acta Horticulturae, 686, 263-270. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.686.36

Bostan, S. Z. (1999a). Farklı ortamlarda kurutulan fındıklarda bazı önemli kalite özellikleri üzerine bir araştırma. Bahçe, 28(1-2), 73-78.

Bostan, S. Z. (1999b). Ordu Ekolojisinde yetiştirilen bazı fındık çeşitlerinde beyazlama özelliği üzerine bir araştırma. OMÜZF Dergisi, 14(2), 106-111.

Bostan, S.Z. (2001). Variation in important nuts, kernel, leaf, and technological traits in hazelnut trees of different ages. Acta Horticulturae, 556, 291-298. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.556.43

Bostan, S. Z. (2005). Fındıkta pomolojik ve teknolojik özellikler üzerine ocaktaki dal sayısının etkisi. Ziraat Mühendisliği, 344, 4-7.

Bostan, S.Z. (2023). Changes in the relationships between pomological characteristics in hazelnuts according to the picking manually from the branch and the ground. Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences (TURJFAS), 5(2): 78-87. https://doi.org/10.53663/turjfas. 1371767

Bostan, S. Z., & İslam, A. (1999a). Fındıkta beyazlama oranı ile diğer önemli meyve kalite özellikleri arasındaki karşılıklı ilişkilerin path analizi ile belirlenmesi. Türkiye Ill. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17.

Bostan, S. Z., & İslam, A. (1999b). Ordu'da yetiştirilen Tombul ve Palaz fındık çeşitlerinde beyazlama oranı üzerine farklı sıcaklık ve sürelerin etkileri. Karadeniz Bölgesi Tarım Sempozyumu Bildirileri, 2, 537-546.

Bostan, S. Z., & Günay, K. (2009). Variation of important quality characteristics in hazelnut at different years and correlations between husk number and nut and kernel traits. Acta Horticulturae, 845, 641-646. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.845.100

Çetiner, E. (1976). Karadeniz fındık bölgesi özellikle Giresun ve çevresinde Tombul çeşidi üzerinde seleksiyon çalışmaları ile bunları tozlayıcı yuvarlak tiplerin seçimi üzerinde araştırmalar. Ege Bölge Zirai Araştırma Enstitüsü (Basılmamış Doktora Tezi), 175

s, İzmir.

Çetiner, E., Okay, A. N., & Baş, F. (1984). Yuvarlak pomolojık fındık grubunda çeşit ve tozlayıcı ön seçimi. Sonuç raporu. TOK Proje ve Uygulama Genel Müd. Ülkesel Proje Kod No: 111-038-1-280. Fındık Araştırma ve Eğitim Merkezi Müd. Giresun. 54 s.

Çırak, M., & Bostan, S. Z. (2018). Effect on fruit quality traits of hazelnut cultivars when picking by hand from branch and ground. Acta Horticulturae, 1226, 339-344. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.21

FAO (2024). https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Fontana, M., Somenzi, M., & Tesio, A, (2014). Cultivation, harvest and postharvest aspects that influence quality and organoleptic properties of hazelnut production and related final products. Acta Horticulturae, 1052, 311-314. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1052.43

Hampson, C. R., Azarenko, A. N., & Potter, J. R. (1996). Photosynthetic rate, flowering, and yield component alteration in hazelnut in response to different light environments. Journal of the American Society for Horticultural Science, 121(6), 1103-1111.

Khalil, A., Mir, M., Nabi, S., Mir, M. M., Iqbal, U., Nazir, N., ... & Wani, T. F. (2023). Canopy Management. In Temperate Nuts (pp. 209-245). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9497-5_9

Me, G., Valentini, N., Caviglione, M., & Lovisolo, C. (2005). Effect of shade on flowering and yield for two different hazelnut training systems. Acta Horticulturae, 686, 187-192. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.686.25

Mehlenbacher, S. A., & Molnar, T. J. (2022). Hazelnut breeding. Plant breeding reviews, 45, 9-141. https://doi.org/10.1002/9781119828235.ch2

Mehlenbacher, S. A., & Smith, D. C. (1988). Heritability of ease of hazelnut pellicle removal. HortScience, 23(6), 1053-1054.

Okay, N.A., Kaya, A., Küçük, V.Y. & Küçük, A. (1986). Fındık Tarımı. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü, Yayın No: Genel 142, TEDGEM: 12, Ankara.

Oliveira, I., Silva, A. P., Santos, T., Igrejas, G., & Gonçalves, B. (2019). Hazelnut fruit and kernel traits: Influence of training systems and harvest year. Eur. J. Hortic. Sci, 84, 57-66. https://doi.org/10.17660/eJHS.2019/84.2.1

Pannico, A., Cirillo, C., Giaccone, M., Scognamiglio, P., Romano, R., Caporaso, N., ... & Basile, B. (2017). Fruit position within the canopy affects kernel lipid composition of hazelnuts. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(14), 4790-4799. DOI 10.1002/jsfa.8348

Santos, A., Silva, A. P., & João Franco, M. A. (2001). Stem position and stem length effects on fruit set of 'Ennis' and 'Butler' hazelnut. Acta Horticulturae, 556, 313-320. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.556.47

Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A., & Cristofori, V. (2021). Advances in cultivar choice, hazelnut orchard management, and nut storage to enhance product quality and safety: An overview. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(1), 27-43.

Şen, Y., & Bostan, S. Z. (2020). The effect of photosynthetic active radiation on yield and quality traits in 'Tombul' and 'Palaz' hazelnut cultivars. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 19(5), 37-43. DOI: 10.24326/asphc.2020.5.4

Thompson, M.M. (1977). Inheritance of nut traits in filbert (*Corylus avellana* L.). Euphytica, 26:465–474.

Valentini, N., Caviglione, M., Ponso, A., Lovisolo, C., & Me, G. (2009). Physiological aspects of hazelnut trees grown in different training systems. Acta Horticulturae, 845, 233-238. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.845.32

Yao, Q., & Mehlenbacher, S. A. (2000). Heritability, variance components and correlation of morphological and phenological traits in hazelnut. Plant Breeding, 119(5), 369-381. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1439-0523.2000.00524.x

SOSYAL YARDIMDAN SOSYAL SERMAYEYE: YEREL SOSYAL POLİTİKADA GÖNÜLLÜLÜĞÜN DEĞİŞEN İŞLEVİ

Öğr. Gör. Dr. Gökhan BİLİCİ

Selçuk Üniversitesi, Kamu Yönetimi, gokhanbilici@selcuk.edu.tr, 0000-0001-8446-1928

Özet

Bu çalışma, sosyal belediyecilik anlayışı ile gönüllülük arasındaki ilişkiyi sosyal sermaye kuramı ekseninde çözümlemeyi amaçlamaktadır. Türkiye'de sosyal belediyecilik yazını ağırlıklı olarak hizmet envanteri çıkarmaya odaklanmakta; gönüllülüğün hangi hizmet alanlarında hangi yoğunlukta ve hangi sosyal sermaye biçimini üreterek işlev gördüğü ise sistematik biçimde çözümlenmemektedir. Araştırma bu boşluğu doldurmak üzere üç soru etrafında kurgulanmıştır: (i) yerel sosyal politika müdahaleleri hangi analitik kategorilere ayrılmaktadır, (ii) gönüllü katılımının yoğunluğu bu kategoriler arasında nasıl farklılaşmaktadır, (iii) gönüllülük hangi sosyal sermaye biçimini üretmektedir. Nitel araştırma desenlerinden bütüncül tek durum deseni benimsenmiş, Konya Büyükşehir Belediyesi (KBB) kritik durum ölçütüyle seçilmiştir. Veriler doküman analiziyle toplanmış; iki stratejik plan, 2021-2025 dönemine ait beş idare faaliyet raporu, iki performans programı ve daire başkanlığı yayınları tümevarımsal ve kuram güdümlü tematik analize tabi tutulmuştur. Bulgular, KBB uygulamalarının araçsal destek odaklı sosyal yardım, rehabilitasyon odaklı sosyal hizmet ve güçlendirme odaklı sosyal sermaye şeklinde üç analitik temada toplandığını göstermektedir. Gönüllü katılımının yoğunluğu bu temalar boyunca kademeli olarak artmakta; yardım dağıtımında düşük, bakım hizmetlerinde orta, yaygın eğitim ve katılım mekanizmalarında yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Gönüllülük, sosyal yardımın taşıyıcısı değil, sosyal sermayenin üreticisidir. Ayrıca gönüllülüğün ürettiği sermaye biçimi de temaya göre değişmekte; bağlayıcı sermayeden köprü kuran ve bağlantı kuran sermayeye doğru evrilmektedir. Buna karşılık gönüllü emeğinin dönemsel ve proje temelli niteliği ile merkezî bir izleme sisteminin bulunmayışı, uzun vadeli etki üretimini sınırlamaktadır. Çalışma, kurumsal bir gönüllü yönetim sistemi kurulması, gönüllü emeğinin akreditasyonu, yardım alanların güçlendirme programlarına yönlendirilmesi ve mahalle ölçekli dayanışma ağlarının kurumsallaştırılması yönünde politika önerileri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sosyal belediyecilik, gönüllülük, sosyal sermaye, yerel yönetimler

FROM SOCIAL ASSISTANCE TO SOCIAL CAPITAL: THE CHANGING FUNCTION OF VOLUNTEERING IN LOCAL SOCIAL POLICY

Abstract

This study analyses the relationship between social municipalism and volunteering through the lens of social capital theory. The Turkish literature on social municipalism largely produces inventories of services, while the question of where volunteering operates, at what intensity, and which form of social capital it generates remains unexamined systematically. To address this gap, the research is organised around three questions: (i) into which analytical categories do local social policy interventions fall, (ii) how does the intensity of volunteer participation vary across these categories, and (iii) which form of social capital does volunteering generate. A holistic single-case design was adopted and Konya Metropolitan Municipality (KMM) was selected as a critical case. Data were gathered through document analysis; two strategic plans, five annual administrative activity reports covering 2021-2025, two performance programmes and departmental publications were subjected to both inductive and theory-driven thematic analysis. The findings show that KMM practices cluster into three analytical themes: instrumental social assistance, rehabilitation-oriented social services, and empowerment-oriented social capital practices. The intensity of volunteer participation increases progressively across these themes, remaining low in aid distribution, moderate in care services, and high in non-formal education and participation mechanisms. Volunteering is therefore not the carrier of social assistance but the producer of social capital. The form of capital generated also shifts by theme, evolving from bonding towards bridging and linking capital. However, the seasonal and project-based character of volunteer labour, together with the absence of a central monitoring system, limits long-term impact. The study proposes establishing an institutional volunteer management system, accrediting volunteer labour, channelling aid recipients into empowerment programmes, and institutionalising neighbourhood-scale solidarity networks.

Keywords: Social municipalism, volunteering, social capital, local governments,

GİRİŞ

Refah devletinin yeniden ölçeklenmesi tartışmaları, sosyal politikanın üretim merkezini merkezî yönetimden yerel düzeye doğru kaydırmıştır. Bu kayma, belediyeleri altyapı ve imar hizmeti üreten teknik birimler olmaktan çıkararak, yoksullukla mücadele, dezavantajlı grupların desteklenmesi ve toplumsal bütünleşmenin sağlanması gibi işlevleri üstlenen sosyal politika aktörleri hâline getirmiştir. Türkiye yazınında bu dönüşüm sosyal belediyecilik kavramıyla adlandırılmaktadır (Pektaş, 2010; Toprak ve Şataf, 2009). Sosyal belediyecilik, yerel yönetimlerin halka coğrafi ve toplumsal yakınlık avantajını kullanarak ihtiyaçları hızla tespit etmesini ve sosyal adaleti destekleyen mekanizmalar geliştirmesini içerir (Koray, 2024; Keleş, 2021).

Bu genişleyen sorumluluk alanı, belediyelerin kendi kaynaklarıyla karşılayamayacağı bir hizmet talebi yaratmaktadır. Gönüllülük tam da bu noktada devreye girmektedir. Gönüllülük, bireylerin maddi bir karşılık gözetmeksizin, kendi özgür iradeleriyle toplumsal fayda üretmeye yönelik faaliyetlere katılımıdır (Wilson, 2000). Gönüllü emeğin kamu hizmeti süreçlerine eklemlenmesi yalnızca bir maliyet azaltma stratejisi değildir; aynı zamanda katılımcı yönetişimin tabana yayılmasının ve yerel bilginin hizmet tasarımına aktarılmasının aracıdır (Göymen, 2000; Toksöz, 2008). Nitekim gönüllü emeğin ekonomik değerinin ulusal hesaplarda görünmez kalması, bu emeğin ölçülmesi ve politika süreçlerinde tanınması yönündeki tartışmaları da beraberinde getirmiştir (Salamon ve ark., 2011).

Kuramsal Çerçeve: Sosyal Sermaye

Gönüllülük ile sosyal belediyecilik arasındaki ilişkiyi çözümlemek için bu çalışmada sosyal sermaye kuramı kullanılmaktadır. Sosyal sermaye, bireyler ve gruplar arasındaki ilişki ağları, karşılıklılık normları ve bunlardan doğan güven ile iş birliği kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Coleman, 1988; Putnam, 2000). Bourdieu (1986) sermayenin bu biçimini, bireyin sahip olduğu kalıcı ilişki ağı sayesinde erişebildiği kaynakların toplamı olarak kavramsallaştırır. Fukuyama (2001) ise sosyal sermayeyi iş birliğini kolaylaştıran paylaşılmış enformel normlar üzerinden tanımlayarak kavramı kalkınma tartışmasına bağlar.

Çalışmanın çözümleme gücü açısından belirleyici olan, sosyal sermayenin tek biçimli olmadığıdır. Yazında üçlü bir ayrım yerleşmiştir: bağlayıcı (bonding) sermaye, benzer konumdaki bireyler arasındaki yoğun ve içe dönük bağları; köprü kuran (bridging) sermaye, farklı toplumsal gruplar arasındaki yatay bağlantıları; bağlantı kuran (linking) sermaye ise yurttaşlar ile kurumsal güç odakları arasındaki dikey bağları ifade eder (Putnam, 2000; Woolcock, 2001). Bu ayrım, gönüllü faaliyetlerin

yalnızca varlığını değil, ürettiği toplumsal bağın niteliğini de sorgulamayı mümkün kılar. Yüksek sosyal sermayeye sahip toplulukların ekonomik kriz, yoksulluk ve afet gibi dışsal şoklara karşı daha dayanıklı olduğu bulgusu, kavramı yerel politika açısından doğrudan işlevsel kılmaktadır (Fukuyama, 2001).

Hukuki Çerçeve

Türkiye'de belediyelerin sosyal politika yetkisi ve gönüllü istihdamı açık bir yasal zemine dayanmaktadır. 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu, büyükşehir belediyelerine sosyal hizmet ve yardım yürütme görevi vermektedir. 5393 sayılı Belediye Kanunu'nun 77. maddesi ise belediye hizmetlerine gönüllü katılımı doğrudan düzenlemekte ve bu katılımın usul ve esaslarını yönetmeliğe bırakmaktadır. İl Özel İdaresi ve Belediye Hizmetlerine Gönüllü Katılım Yönetmeliği, gönüllülerin çalışma alanlarını, kayıt ve eğitim süreçlerini ve idare ile ilişkilerini belirlemektedir. Dolayısıyla gönüllülük, Türkiye'de belediyeler açısından informel bir dayanışma pratiği değil, mevzuatla tanımlanmış bir yönetsel araçtır. Bu durum, gönüllü yönetiminin kurumsallaşma düzeyini ampirik olarak incelemeyi anlamlı kılmaktadır.

Literatürdeki Boşluk ve Araştırma Soruları

Türkiye'de sosyal belediyecilik üzerine yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak tek bir belediyenin hizmet envanterini betimlemekte ya da mevzuat çerçevesini tartışmaktadır (Pektaş, 2010; Toprak ve Şataf, 2009; Sevinç, 2015). Gönüllülük yazını ise gönüllülerin motivasyonu ve elde tutulması üzerine yoğunlaşmaktadır (Hager ve Brudney, 2004; Wilson, 2012). Bu iki yazın büyük ölçüde birbirinden yalıtılmış biçimde ilerlemektedir. Sonuç olarak, bir belediyenin sosyal politika portföyü içinde gönüllülüğün nerede yoğunlaştığı, nerede seyreldiği ve bu farklılaşmanın hangi sosyal sermaye biçimine karşılık geldiği sistematik biçimde çözümlenmemiştir. Bu çalışma söz konusu boşluğu hedeflemekte ve şu sorulara yanıt aramaktadır:

(1) Bir büyükşehir belediyesinin sosyal politika müdahaleleri hangi analitik kategorilere ayrılmaktadır?

(2) Gönüllü katılımının yoğunluğu ve niteliği bu kategoriler arasında nasıl farklılaşmaktadır?

(3) Gönüllülük hangi sosyal sermaye biçimini (bağlayıcı, köprü kuran, bağlantı kuran) üretmektedir ve bu üretimi sınırlayan yapısal etkenler nelerdir?

MATERYAL VE METOD

Araştırma Deseni

Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı içinde bütüncül tek durum deseni (holistic single-case design) ile kurgulanmıştır. Durum çalışması, güncel bir olgunun gerçek yaşam bağlamı içinde, olgu ile bağlam arasındaki sınırların belirgin olmadığı durumlarda derinlemesine incelenmesine olanak tanır (Yin, 2018). Sosyal belediyecilik uygulamalarının kurumsal, hukuki ve toplumsal bağlamından ayrıştırılarak anlaşılamayacağı düşünüldüğünden bu desen tercih edilmiştir. Çalışma, analiz birimi olarak belediyenin sosyal politika portföyünün bütününü almakta; alt birimleri ayrı analiz birimleri olarak ele almadığından iç içe geçmiş (embedded) değil bütüncül desen niteliği taşımaktadır.

Durumun Seçimi

Konya Büyükşehir Belediyesi (KBB), amaçlı örnekleme stratejilerinden kritik durum örneklemesiyle seçilmiştir. Seçim üç ölçüte dayanmaktadır. Birincisi, KBB sosyal belediyecilik uygulamalarını ayrı bir daire başkanlığı düzeyinde kurumsallaştırmış öncü büyükşehir belediyelerinden biridir. İkincisi, KOMEK örneğinde olduğu gibi yüksek kapasiteli ve uzun soluklu bir yaygın eğitim modeline sahiptir. Üçüncüsü, kent güçlü bir sivil toplum ve dayanışma geleneğine sahip olduğundan gönüllülük ile kurumsal yapı arasındaki ilişkinin gözlenebilmesi için elverişli bir bağlam sunmaktadır. Kritik durum mantığı gereği, gönüllülüğün kurumsallaşmasında sorun gözleniyorsa bu sorunun daha zayıf kapasiteli belediyelerde de büyük olasılıkla geçerli olacağı varsayılmaktadır.

Veri setinin 2021-2025 dönemini kapsaması, durumun iki ayrı stratejik plan dönemini (2020-2024 ve 2025-2029) ve 2024 yerel seçimleriyle başlayan yeni yönetim dönemini içermesini sağlamaktadır. Bu kapsam, sosyal politika söylemi ile gönüllülük vurgusunun plan dönemleri arasında süreklilik gösterip göstermediğinin izlenmesine olanak tanımaktadır.

Veri Toplama: Doküman Analizi

Veriler doküman analizi tekniğiyle toplanmıştır. Doküman analizi, basılı ve elektronik belgelerin sistematik biçimde incelenmesini, değerlendirilmesini ve yorumlanmasını içeren nitel bir veri toplama yöntemidir (Bowen, 2009). Yöntem,

araştırmacı müdahalesinden bağımsız biçimde üretilmiş verilere erişim sağlaması ve kurumsal söylemin zaman içindeki değişimini izlemeye olanak vermesi nedeniyle tercih edilmiştir. Araştırmanın veri seti Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Araştırmanın veri seti

Doküman türü	Kapsanan dönem	Analizdeki işlevi
Stratejik planlar	2020-2024; 2025-2029	Kurumsal amaç, hedef ve söylem düzeyinde sosyal politika önceliklerinin belirlenmesi; iki plan dönemi arasındaki söylem kaymasının izlenmesi
İdare faaliyet raporları	2021, 2022, 2023, 2024, 2025	Beyan edilen hedeflerin gerçekleşme düzeyinin ve hizmet hacminin yıllar itibarıyla izlenmesi
Performans programları	2025; 2026	Yeni plan döneminde sosyal politika hedeflerine ayrılan kaynağın ve göstergelerin belirlenmesi
Sosyal Hizmetler Dairesi Başkanlığı yayın ve yönergeleri	2021-2025	Hizmet kategorilerinin ve gönüllü görev tanımlarının belirlenmesi
KOMEK ve ASEM değerlendirme raporları	2021-2025	Yaygın eğitim ve güçlendirme faaliyetlerinin kapsamının saptanması
Gençlik Meclisi ve gönüllü topluluk dokümanları	2021-2025	Katılım mekanizmalarının ve gönüllü rollerinin çözümlenmesi
İlgili mevzuat (5216, 5393 s. Kanunlar; Gönüllü Katılım Yönetmeliği)	Yürürlükteki metinler	Uygulamaların hukuki dayanağının ve yetki sınırlarının belirlenmesi

Kaynak: Konya Büyükşehir Belediyesi (2019; 2022; 2023; 2024a; 2024b; 2025; 2026) kurumsal dokümanlarından yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Verilerin Analizi

Dokümanlar, içerik analizi tekniklerinden tematik analiz yaklaşımıyla çözümlenmiştir. Analiz iki aşamalı yürütülmüştür. Birinci aşamada dokümanlar tümevarımsal biçimde okunarak hizmet ve faaliyet birimleri kodlanmış; ortaya çıkan kodlar müdahale mantığı ve süresi ölçütlerine göre gruplanarak üç analitik tema oluşturulmuştur: (i) sosyal yardım, (ii) sosyal hizmet ve rehabilitasyon, (iii) sosyal sermaye ve güçlendirme. İkinci aşamada, kuram güdümlü bir okumayla her tema içindeki gönüllü rolleri, sosyal sermaye tipolojisi (bağlayıcı, köprü kuran, bağlantı kuran) çerçevesinde yeniden kodlanmıştır. Gönüllü katılım yoğunluğu; gönüllünün hizmet sürecindeki konumu, karar alma süreçlerine dâhil olup olmadığı ve faaliyetin gönüllü emeği olmaksızın sürdürülebilirliği ölçütlerine göre düşük, orta ve yüksek şeklinde derecelendirilmiştir.

İnandırıcılık ve Sınırlılıklar

Çalışmanın inandırıcılığını artırmak amacıyla veri kaynağı çeşitlemesine gidilmiş; stratejik planlar, faaliyet raporları ve birim yayınları birbirine karşı okunarak beyan ile gerçekleşme arasındaki tutarlılık sınanmıştır. Kodlama çerçevesi ve tema tanımları, izlenebilirliği sağlamak üzere açık biçimde raporlanmıştır. Bununla birlikte araştırmanın üç sınırlılığı bulunmaktadır. Birincisi, veri seti kurumun kendi ürettiği belgelerden oluştuğundan, kurumsal söylemin olumlu yanlılık taşıması olasıdır; bu nedenle bulgular hizmet etkinliğinin bir ölçümü değil, kurumsal yönelimin bir çözümlemesi olarak okunmalıdır. İkincisi, gönüllülerin ve hizmet alanların öznel deneyimleri doküman analiziyle erişilebilir değildir; görüşme ve gözlem teknikleriyle desteklenmesi gerekmektedir. Üçüncüsü, tek durum deseni istatistiksel genelleme değil, yalnızca kuramsal genelleme imkânı sunmaktadır. Ayrıca faaliyet raporlarındaki göstergelerin yıllar arasında tanım ve kapsam

bakımından tam olarak örtüşmediği durumlarda karşılaştırılabilirlik sınırlanmakta olup, seri okunurken bu husus dikkate alınmalıdır.

Çalışma ikincil ve kamuya açık dokümanlar üzerinden yürütüldüğünden insan katılımcı içermemekte ve etik kurul onayı gerektirmemektedir.

BULGULAR

Bulgular üç araştırma sorusu izlenerek sunulmaktadır. İlk alt bölüm sosyal politika müdahalelerinin analitik sınıflandırmasını, ikincisi gönüllü katılımının bu sınıflandırma boyunca nasıl farklılaştığını, üçüncüsü ise üretilen sosyal sermaye biçimlerini ve yapısal sınırlılıkları ortaya koymaktadır.

Sosyal Politika Müdahalelerinin Analitik Sınıflandırması

Doküman analizi, KBB'nin sosyal politika portföyünün tek türden bir yardım faaliyeti olmadığını; müdahale mantığı, süresi ve hedeflenen etki bakımından birbirinden ayrışan üç kümede toplandığını göstermektedir. Bu kümeler ve karşılık geldikleri uygulama alanları Tablo 2'de karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Tablo 2. KBB sosyal politika uygulamalarının analitik sınıflandırma matrisi

Analitik tema	Somut uygulama alanı	Müdahale süresi ve mantığı	Gönüllü katılım yoğunluğu	Hedeflenen etki
1. Sosyal yardım	Sosyal Kart; ayni yardımlar (yakacak, kırtasiye, su desteği); afet ve acil durum nakdi destekleri	Kısa/orta vadeli; araçsal, telafi edici, kriz odaklı kaynak transferi	Düşük — süreç personel ve dijital veri tabanı üzerinden yürür; gönüllü yalnızca tespit ve yönlendirmede aracıdır	Temel insani gereksinimlerin karşılanması; ekonomik kırılganlığın kısa vadede azaltılması
2. Sosyal hizmet ve rehabilitasyon	Evde bakım ve temizlik hizmetleri; kadın ve aile danışma merkezleri; çocuk ve engelli destek merkezleri	Uzun vadeli; önleyici, psikososyal destek odaklı bütüncül yaklaşım	Orta — uzman personel öncülük eder; gönüllüler ve akran ağları tamamlayıcı rol üstlenir	Yaşam kalitesinin artırılması; sosyal dışlanmanın ve aile bakım yükünün azaltılması
3. Sosyal sermaye ve güçlendirme	KOMEK ve ASEM yaygın eğitim programları; Gençlik Meclisi ve Genç Kültür Kart; mahalle arama-kurtarma gönüllüleri	Sürekli; kapasite geliştirici, istihdam artırıcı, ağ kurucu ve yönetişim odaklı	Yüksek — gönüllü eğitmen, akran rehberi ve politika paydaşı olarak sürecin doğrudan yürütücüsüdür	Ekonomik ve sosyal bağımsızlığın kazanılması; kurumlar arası güven ve dayanışma ağlarının tahkimi

Kaynak: KBB stratejik planları (2019; 2024b) ve idare faaliyet raporlarının (2022; 2023; 2024a; 2025; 2026) tematik analizi sonucunda yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2'nin ortaya koyduğu temel örüntü, müdahale mantığı araçsal destekten güçlendirmeye doğru ilerledikçe gönüllü katılım yoğunluğunun da düzenli biçimde artmasıdır. Bu örüntü, gönüllülüğün sosyal yardım dağıtımının değil, kapasite geliştirmenin taşıyıcısı olduğunu göstermektedir.

Gönüllü Rollerinin ve Ürettiği Sosyal Sermaye Biçimlerinin Farklılaşması

İkinci araştırma sorusu doğrultusunda gönüllü roller, hizmet sürecindeki konumları ve ürettikleri sosyal sermaye biçimi bakımından yeniden kodlanmıştır. Tablo 3, bu kodlamanın sonucunu özetlemektedir.

Tablo 3. Gönüllü rol tipolojisi ve üretilen sosyal sermaye biçimi

Gönüllü rolü	Bulunduğu tema	Süreçteki konumu	Üretilen sosyal sermaye biçimi
Tespit ve yönlendirme aracısı	Sosyal yardım	Karar dışı; ihtiyaç sahibini kurumsal sisteme bağlar	Bağlayıcı — mahalle içi enformel bağların kuruma taşınması
Akran destek ve refakat gönüllüsü	Sosyal hizmet ve rehabilitasyon	Uzman personele tamamlayıcı; süreklilik gerektiren temas noktası	Bağlayıcı ve kısmen köprü kuran — benzer deneyime sahip gruplar arası dayanışma
Gönüllü eğitmen ve usta öğretici	Sosyal sermaye ve güçlendirme	Hizmetin doğrudan üreticisi; içerik ve müfredat üzerinde etkili	Köprü kuran — farklı meslek ve kuşak grupları arasında yatay bağlantı
Genç meclis üyesi ve politika paydaşı	Sosyal sermaye ve güçlendirme	Karar alma süreçlerine dâhil; talep iletim kanalı	Bağlantı kuran — yurttaş ile kurumsal karar mercii arasında dikey bağ
Afet ve arama-kurtarma gönüllüsü	Sosyal sermaye ve güçlendirme (kriz kesişimli)	Eğitimli ve sertifikalı; kriz anında operasyonel	Köprü ve bağlantı kuran — mahalle ağları ile kurumsal kriz yönetimi arasında eklemlenme

Kaynak: Putnam (2000) ve Woolcock (2001) tarafından geliştirilen sosyal sermaye tipolojisi temel alınarak, doküman analizi bulguları doğrultusunda yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 3, gönüllülüğün ürettiği sosyal sermayenin analitik tema boyunca nitelik değiştirdiğini göstermektedir. Sosyal yardım alanında gönüllü, mevcut mahalle bağlarını kuruma aktaran bir aracı konumundadır; ürettiği sermaye içe dönük ve bağlayıcı niteliktedir. Güçlendirme alanında ise gönüllü, farklı toplumsal gruplar arasında yatay bağlantılar kuran ve yurttaş ile kurum arasında dikey kanal açan bir aktöre dönüşmektedir. Bu bulgu, Putnam (2000) ve Woolcock (2001) tarafından geliştirilen tipolojinin yerel yönetim bağlamında ampirik karşılığını ortaya koymaktadır.

Bulguların İzlenmesine Yönelik Gösterge Çerçevesi

Nitel sınıflandırmanın ortaya koyduğu örüntünün zaman içinde izlenebilmesi ve başka belediyelerde sınanabilmesi için, doküman analizi sürecinde ulaşılan göstergeler bir çerçeve hâlinde düzenlenmiştir. Tablo 4, her göstergenin hangi kurumsal dokümandan izlenebileceğini, hangi analitik temaya karşılık geldiğini ve gönüllülük açısından neyi ölçtüğünü göstermektedir. Bu çerçeve, çalışmanın yinelenebilirliğini artırmayı ve gönüllü emeğin görünürlüğüne ilişkin tartışmayı somut bir izleme setine bağlamayı amaçlamaktadır.

Tablo 4. Sosyal belediyecilik ve gönüllülük bulgularının izlenmesine yönelik gösterge çerçevesi

Gösterge	İzlenebileceği kurumsal doküman	İlgili analitik tema	Gönüllülük açısından ölçtüğü boyut
Kayıtlı gönüllü sayısı ve gönüllü saati	İdare faaliyet raporu — Sosyal Hizmetler Dairesi Başkanlığı bölümü	Tümü (kesitsel)	Gönüllü emeğin hacmi ve kurumsal kayıt altına alınma düzeyi
Sosyal yardımdan yararlanan hane sayısı	İdare faaliyet raporu; sosyal yardım yönergeleri	Tema 1: Sosyal yardım	Araçsal destek hacmi; gönüllü aracılığının sınırlı kaldığı alanın büyüklüğü
Evde bakım ve danışma hizmeti verilen kişi sayısı	İdare faaliyet raporu — sosyal hizmet birimleri	Tema 2: Sosyal hizmet ve rehabilitasyon	Uzman personel ile gönüllü desteğinin birlikte yürüdüğü hizmet hacmi
KOMEK ve ASEM kursiyer sayısı; açılan kurs sayısı	KOMEK/ASEM değerlendirme raporları; faaliyet raporu	Tema 3: Sosyal sermaye ve güçlendirme	Yaygın eğitim kapasitesi; gönüllü eğitmenliğin ölçeği
Gençlik Meclisi üye sayısı ve toplanma sıklığı	Gençlik Meclisi kurumsal dokümanları	Tema 3: Sosyal sermaye ve güçlendirme	Bağlantı kuran sermayenin üretildiği katılım kanalının işlerliği
Afet ve arama-kurtarma gönüllüsü sayısı; verilen eğitim sayısı	İtfaiye/afet birimleri faaliyet verileri	Tema 3 (kriz kesişimli)	Kriz anında harekete geçirilebilen örgütlü gönüllü kapasitesi
Sosyal harcamaların bütçe içindeki payı	Performans programı; idare faaliyet raporu mali tabloları	Tümü (bağlamsal)	Sosyal politika alanına ayrılan kurumsal kaynağın ağırlığı

Kaynak: Doküman analizi sürecinde ulaşılan göstergeler esas alınarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çerçevenin işaret ettiği temel beklenti, yaygın eğitim ve katılım göstergelerinin sosyal yardım göstergelerinden bağımsız bir seyir izlemesidir. Böyle bir ayrışmanın gözlenmesi, Tablo 2'de nitel olarak ortaya konan temalar arası farklılaşmanın niceliksel karşılığını oluşturacaktır. Bu göstergelerin düzenli biçimde raporlanmaması ise, çalışmanın tartışma bölümünde ele alınan görünürlük sorununun doğrudan bir yansımasıdır.

Kurumsallaşmayı Sınırlayan Yapısal Etkenler

Bulgular, gönüllülüğün yoğunlaştığı üçüncü temada dahi kurumsallaşmanın tamamlanmadığına işaret etmektedir. Dokümanlarda gönüllü katılımının büyük ölçüde proje ve etkinlik takvimine bağlı olarak tanımlandığı; kampanya dönemlerinde yükselen katılımın dönem sonrasında sürdürülemediği görülmektedir. Ayrıca gönüllülerin yetkinlik alanlarına göre kayıt altına alındığı, çalışma saatlerinin izlendiği ve görev tanımlarının standartlaştırıldığı merkezî bir izleme sistemine ilişkin bir düzenlemeye rastlanmamıştır. Bu iki bulgu, gönüllü yönetimi yazınında elde tutma sorununun temel kaynakları olarak gösterilen görev belirsizliği ve tanınma eksikliği ile örtüşmektedir (Hager ve Brudney, 2004; Wilson, 2012).

TARTIŞMA

Bu çalışmanın temel katkısı, sosyal belediyecilik yazınında yaygın olan hizmet envanteri yaklaşımının ötesine geçerek, gönüllülüğün belediyenin sosyal politika portföyü içindeki konumunu sosyal sermaye kuramı üzerinden ilişkisel biçimde çözümlemesidir. Bulgular, yaygın kabul gören bir varsayımı tersine çevirmektedir. Gönüllülük çoğunlukla sosyal yardımın

gönüllü kollarla dağıtılması olarak tasavvur edilirken, KBB örneği gönüllü katılımının tam da yardım dağıtımında en zayıf, kapasite geliştirmede ise en güçlü olduğunu göstermektedir.

Bu farklılaşmanın nedeni tesadüfi değildir. Sosyal yardım alanı, şeffaflık, eşitlik ve hesap verebilirlik ilkeleri gereği standartlaştırılmış ve denetlenebilir prosedürlere dayanmak durumundadır; ihtiyaç tespitinin dijital veri tabanları üzerinden yürütülmesi bu zorunluluğun sonucudur. Dolayısıyla gönüllü emeğin bu alandaki sınırlı rolü bir eksiklik değil, yönetsel bir tercihin yansımasıdır. Buna karşılık yaygın eğitim ve katılım mekanizmaları, standartlaştırılmış prosedürlerle üretilemeyecek olan güven, akran ilişkisi ve yerel bilgi girdilerine ihtiyaç duymaktadır; gönüllü emek bu girdileri sağlayabilen tek kaynaktır. Bu okuma, Putnam'ın (2000) karşılıklılık normlarının ancak yinelenen ve gönüllü etkileşimler içinde üretilebileceği yönündeki savını yerel yönetim bağlamında desteklemektedir.

İkinci bir tartışma ekseni, üretilen sosyal sermayenin niteliğidir. Tablo 3'te ortaya konan geçiş, gönüllülüğün yalnızca miktarının değil, biçiminin de politika açısından anlamlı olduğunu göstermektedir. Bağlayıcı sermaye kriz anlarında hızlı dayanışma sağlar ancak grup içi kapanma riski taşır. Köprü kuran ve bağlantı kuran sermaye ise yoksulluğun döngüsel niteliğini kırmak açısından belirleyicidir; çünkü bireyi kendi çevresi dışındaki fırsat ağlarına ve kurumsal kaynaklara bağlar (Woolcock, 2001; Fukuyama, 2001). KBB'nin Gençlik Meclisi ve gönüllü eğitmenlik uygulamaları bu ikinci türü üretme potansiyeli taşımaktadır; ancak bu potansiyelin gerçekleşmesi katılımın sürekliliğine bağlıdır.

Üçüncü olarak, bulgular gönüllü yönetimi yazınının uluslararası bulgularıyla önemli ölçüde örtüşmektedir. Gönüllü emeğin dönemsel niteliği ve tanınma eksikliği, farklı ülke bağlamlarında da elde tutmanın temel engelleri olarak raporlanmaktadır (Hager ve Brudney, 2004; Anheier ve Salamon, 1999; Wilson, 2012). Bu örtüşme, sorunun Türkiye'ye özgü bir kurumsal zafiyet değil, gönüllü emeğin doğasından kaynaklanan yapısal bir güçlük olduğunu düşündürmektedir. Ancak Türkiye örneğinde bu güçlüğü aşmayı kolaylaştıracak bir avantaj bulunmaktadır: 5393 sayılı Kanun'un 77. maddesi ve ilgili yönetmelik, gönüllü yönetiminin kurumsallaştırılması için hazır bir hukuki zemin sunmaktadır. Sorun yetki eksikliğinden değil, mevcut yetkinin sistematik biçimde kullanılmamasından kaynaklanmaktadır.

Son olarak, gönüllü emeğin görünmezliği bir ölçme sorunudur. Gönüllü katkının ekonomik değerinin ulusal ve yerel hesaplarda kayıt altına alınmaması, bu emeğin bütçe ve performans belgelerinde yer bulmamasına yol açmaktadır (Salamon ve ark., 2011). Gönüllü saatinin izlenmediği bir sistemde gönüllü emeğin kurumsal karar süreçlerinde ağırlık kazanması beklenemez.

SONUÇ

Bu çalışma, sosyal belediyecilik ile gönüllülük arasındaki ilişkiyi sosyal sermaye ekseninde çözümlemiş ve Konya Büyükşehir Belediyesi örneğinde üç temel sonuca ulaşmıştır. Birincisi, yerel sosyal politika müdahaleleri tek türden bir yardım faaliyeti olmayıp; araçsal destek, rehabilitasyon ve güçlendirme şeklinde birbirinden ayrışan üç analitik kategoride toplanmaktadır. İkincisi, gönüllü katılımının yoğunluğu bu kategoriler boyunca kademeli olarak artmakta; gönüllülük sosyal yardımın taşıyıcısı değil, sosyal sermayenin üreticisi olarak işlev görmektedir. Üçüncüsü, gönüllülüğün ürettiği sermaye biçimi de temaya göre değişmekte ve bağlayıcı sermayeden köprü kuran ile bağlantı kuran sermayeye doğru evrilmektedir.

Bu sonuçların politika açısından anlamı şudur: gönüllülüğü yalnızca bir maliyet azaltma aracı olarak konumlandıran yaklaşımlar, gönüllü emeğin asıl üretken olduğu alanı gözden kaçırmaktadır. Gönüllülüğün kurumsal kapasiteye dönüşebilmesi için katılımın sürekliliğini ve görünürlüğünü sağlayacak yönetsel araçlara ihtiyaç vardır. Araştırmanın bulguları temelinde geliştirilen politika önerileri Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. Bulgulara dayalı politika önerileri

Öneri	İçerik	Hedeflenen çıktı
Kurumsal Gönüllü Yönetim Sistemi kurulması	Gönüllülerin yetkinlik alanlarına göre kayıt altına alındığı, görev tanımlarının standartlaştırıldığı ve gönüllü saatinin izlendiği dijital bir sistem oluşturulması	Görev belirsizliğinin ve koordinasyon eksikliğinin giderilmesi; gönüllü emeğin performans belgelerinde ölçülebilir hâle gelmesi
Gönüllü emeğin akreditasyonu	Gönüllülük deneyiminin belgelendirilmesi; referans yazısı, sertifika ve ulaşım/kültürel etkinlik avantajı gibi tanınma mekanizmalarının yaygınlaştırılması	Dönemsel katılımın sürekliliğe dönüşmesi; gönüllü elde tutma oranının yükselmesi
Yardım alanların güçlendirme programlarına yönlendirilmesi	Sosyal yardım kayıt sürecinde KOMEK/ASEM gibi yaygın eğitim ağlarına ve gönüllü topluluklara yönlendirmenin standart bir adım hâline getirilmesi	Edilgen yardım alıcılığından üretken katılıma geçiş; yoksulluğun döngüsel niteliğinin kırılması
Mahalle ölçekli dayanışma ağlarının kurumsallaştırılması	Mahalle düzeyinde sosyal hizmet birimlerinin kurulması ve bu birimlerin sivil toplum ile akran ağları arasındaki koordinasyonunun tanımlanması	Kriz dönemlerinde toplumsal dayanıklılığın artması; bağlayıcı sermayenin bağlantı kuran sermayeye eklemlenmesi

Kaynak: Araştırma bulguları ile Hager ve Brudney (2004), Wilson (2012) ve Salamon ve ark. (2011) çalışmalarındaki öneriler birlikte değerlendirilerek yazar tarafından oluşturulmuştur.

Araştırmanın tek durum deseniyle sınırlı olduğu ve doküman analizinin gönüllü deneyimine erişemediği hatırda tutulmalıdır. Bundan sonraki çalışmalarda gönüllüler, hizmet alanlar ve birim yöneticileriyle yapılacak görüşmelerle desenin zenginleştirilmesi; farklı ölçek ve kaynak kapasitesindeki belediyeleri kapsayan çoklu durum çalışmalarıyla bulguların karşılaştırmalı olarak sınanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu 2004. Resmî Gazete, 23.07.2004, Sayı: 25531.

5393 sayılı Belediye Kanunu 2005. Resmî Gazete, 13.07.2005, Sayı: 25874.

Anheier HK, Salamon LM 1999. Volunteering in cross-national perspective: Initial comparisons. Law and Contemporary Problems, 62(4): 43-65.

Bourdieu P 1986. The forms of capital. In: Richardson J (ed), Handbook of theory and research for the sociology of education. New York: Greenwood Press, pp. 241-258.

Bowen GA 2009. Document analysis as a qualitative research method. Qualitative Research Journal, 9(2): 27-40.

Coleman JS 1988. Social capital in the creation of human capital. American Journal of Sociology, 94(Supplement): S95-S120.

Fukuyama F 2001. Social capital, civil society and development. Third World Quarterly, 22(1): 7-20.

Göymen K 2000. Türkiye'de yerel yönetimler ve yönetişim: Gereksinmeler, önermeler, yönelimler. Çağdaş Yerel Yönetimler, 9(2): 3-13.

Hager MA, Brudney JL 2004. Volunteer management practices and retention of volunteers. Washington DC: The Urban Institute.

İl Özel İdaresi ve Belediye Hizmetlerine Gönüllü Katılım Yönetmeliği 2005. Resmî Gazete, 09.10.2005, Sayı: 25981.

Keleş R 2021. Yerinden yönetim ve siyaset (13. Baskı). İstanbul: Cem Yayınevi, 608 s.

Konya Büyükşehir Belediyesi 2019. 2020-2024 stratejik planı. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi. Erişim adresi: https://www.konya.bel.tr [07.08.2026]

Konya Büyükşehir Belediyesi 2022. 2021 yılı idare faaliyet raporu. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi.

Konya Büyükşehir Belediyesi 2023. 2022 yılı idare faaliyet raporu. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi.

Konya Büyükşehir Belediyesi 2024a. 2023 yılı idare faaliyet raporu. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi.

Konya Büyükşehir Belediyesi 2024b. 2025-2029 stratejik planı. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi. Erişim adresi: https://www.konya.bel.tr [07.08.2026]

Konya Büyükşehir Belediyesi 2025. 2024 yılı idare faaliyet raporu. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi.

Konya Büyükşehir Belediyesi 2026. 2025 yılı idare faaliyet raporu. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi. Erişim adresi: https://www.konya.bel.tr [07.08.2026]

Koray M 2024. Sosyal politika (8. Baskı). Ankara: İmge Kitabevi, 560 s.

Pektaş EK 2010. Türkiye'de sosyal belediyecilik uygulamaları ve temel sorunlar. Akademik İncelemeler Dergisi, 5(1): 4-22.

Putnam RD 2000. Bowling alone: The collapse and revival of American community. New York: Simon & Schuster.

Salamon LM, Sokolowski SW, Haddock MA 2011. Measuring the economic value of volunteer work globally: Concepts, estimates, and a roadmap to the future. Annals of Public and Cooperative Economics, 82(3): 217-252.

Sevinç İ 2015. Sosyal belediyecilik uygulamalarında kent bilgi sistemlerinin kullanımı: Konya Büyükşehir Belediyesi örneği. Yönetim ve Ekonomi, 22(1): 201-218.

Toksöz F 2008. İyi yönetişim el kitabı. İstanbul: TESEV Yayınları, 190 s.

Toprak D, Şataf C 2009. Türkiye'de yerel yönetimler reformu çerçevesinde sosyal belediyecilik yaklaşımı. Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, 1(1): 11-24.

Wilson J 2000. Volunteering. Annual Review of Sociology, 26: 215-240.

Wilson J 2012. Volunteerism research: A review essay. Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly, 41(2): 176-212.

Woolcock M 2001. The place of social capital in understanding social and economic outcomes. Isuma: Canadian Journal of Policy Research, 2(1): 11-17.

Yin RK 2018. Case study research and applications: Design and methods (6th ed). Thousand Oaks: SAGE Publications.

DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN GÖRÜNMEYEN MALİYETİ: TÜRK KAMU PERSONEL REJİMİNDE TEKNOSTRES VE BAĞLANTIYI KESME HAKKI

Öğr. Gör. Dr. Gökhan BİLİCİ

Selçuk Üniversitesi, Kamu Yönetimi, gokhanbilici@selcuk.edu.tr, 0000-0001-8446-1928

Özet

Bu çalışmanın amacı, kamu yönetiminde e-Devlet ve dijital bürokrasi uygulamalarının kamu personeli üzerinde yarattığı teknostres olgusunu Kamu Hizmeti Motivasyonu (KHM) ekseninde çözümlemek ve dijital detoks politikalarını bir kamu personel yönetimi aracı olarak tartışmaya açmaktır. Çalışma nitel araştırma desenine dayanmakta olup veriler doküman analizi yoluyla elde edilmiştir. İnceleme; teknostres ve kamu hizmeti motivasyonu yazını, Türkiye'de kamu çalışanları üzerine yürütülmüş görgül araştırmalar, 657 sayılı Devlet Memurları Kanunu başta olmak üzere ilgili ulusal mevzuat ve Fransa ile İspanya'nın bağlantıyı kesme hakkına ilişkin düzenlemeleri olmak üzere dört kaynak kümesi üzerinden yürütülmüştür. Çözümlemede, Tarafdar ve arkadaşlarının (2007) beş boyutlu teknostres modeli ile Perry ve Wise'ın (1990) dört boyutlu kamu hizmeti motivasyonu modeli bir eşleştirme matrisi aracılığıyla ilişkilendirilmiş; kuramsal zemin olarak Kaynakların Korunması Kuramı ile İş Talepleri-Kaynakları Modeli kullanılmıştır. Çalışma, kamu bürokrasisindeki teknostresin özel sektörden farklı olarak piyasa rekabetinden değil, yasal bağlayıcılığı ve mevzuata dayalı yanıt süresi bulunan dijital iş akışlarından kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, kesintisiz dijital ulaşılabilirlik baskısının kamu görevlisinin normatif adanmışlığını amaç sapmasına, duygusal küntleşmeye ve bürokratik sinizme dönüştürdüğüne; bu aşınmanın savunmacı bürokrasi biçiminde kamu etiğine de yansıdığına işaret etmektedir. Çalışma, 657 sayılı Kanun kapsamında güvence altına alınacak bir "bağlantıyı kesme hakkı" ile kurumsal düzeyde sessiz saat protokollerini içeren dört katmanlı bir politika çerçevesi önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Teknostres, Kamu hizmeti motivasyonu, Bağlantıyı kesme hakkı, Dijital detoks, Kamu personel rejimi

THE INVISIBLE COST OF DIGITAL TRANSFORMATION: TECHNOSTRESS AND THE RIGHT TO DISCONNECT IN THE TURKISH PUBLIC PERSONNEL REGIME

Abstract

This study aims to analyse the phenomenon of technostress generated among public employees by e-Government and digital bureaucracy applications through the lens of Public Service Motivation (PSM), and to discuss digital detox as an instrument of public personnel management. The study adopts a qualitative research design, and the data were obtained through document analysis. The examination draws on four sets of sources: the literature on technostress and public service motivation, empirical research conducted on public employees in Türkiye, relevant national legislation, primarily Civil Servants Law No. 657, and the right-to-disconnect regulations of France and Spain. In the analysis, the five-dimensional technostress model of Tarafdar et al. (2007) and the four-dimensional public service motivation model of Perry and Wise (1990) are linked through a mapping matrix; the Conservation of Resources Theory and the Job Demands-Resources Model provide the theoretical foundation. The study demonstrates that technostress in public bureaucracy arises not from market competition, as in the private sector, but from digital workflows that are legally binding and carry statutory response deadlines. The findings indicate that pressure for uninterrupted digital availability transforms the normative commitment of public officials into goal displacement, emotional blunting and bureaucratic cynicism, and that this erosion also affects public ethics in the form of defensive bureaucracy. The study proposes a four-layered policy framework comprising a statutory "right to disconnect" under Law No. 657 and institutional silent-hours protocols.

Keywords: Technostress, Public service motivation, Right to disconnect, Digital detox, Public personnel regime

GİRİŞ

Yirmi birinci yüzyılda kamu yönetiminde yaşanan dijital dönüşüm, geleneksel bürokratik iş yapış biçimlerini kökten değiştirmiş; e-Devlet, dijital bürokrasi ve e-yönetişim kavramlarını kamusal hizmet sunumunun merkezine yerleştirmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kamu kurumlarına entegrasyonu; işlem sürelerinin kısalması, şeffaflığın artması, kurumlar arası veri paylaşımının güçlenmesi ve vatandaşın hizmetlere erişiminin kolaylaşması bakımından önemli kazanımlar sağlamıştır. Ancak esneklik, verimlilik ve kesintisiz hizmet sunumunu önceleyen bu modernleşme süreci, kamu çalışanları üzerinde "her an ulaşılabilir olma", "kesintisiz evrak akışını yönetme" ve "sürekli çevrimiçi kalma" baskısını da beraberinde getirmiştir.

Teknostres, bireyin bilgi ve iletişim teknolojileriyle sağlıklı bir uyum kuramaması sonucu ortaya çıkan çok boyutlu psikolojik gerilim durumudur (Brod, 1984). Özel sektörde teknostresin başlıca kaynakları kâr baskısı, müşteri rekabeti ve piyasa hızı iken; kamu yönetiminde bu gerilim, Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS), CİMER, kayıtlı elektronik posta (KEP), UYAP ve benzeri altyapıların yarattığı ve yasal bağlayıcılığı bulunan bir bürokratik dijital aşırı yüklemeden doğmaktadır. Aradaki fark yalnızca derece farkı değildir: kamu görevlisinin karşılaştığı dijital talep, mevzuatla belirlenmiş yanıt süreleri ve hukuki sorumluluk ile birlikte gelmektedir. Dilekçe Hakkının Kullanılmasına Dair Kanun (1984) otuz günlük, Bilgi Edinme Hakkı Kanunu (2003) ise on beş iş günlük yanıt süresi öngörmekte; bu süreler dijital kanallar aracılığıyla çalışanın gündelik iş yükünün ölçülebilir ve denetlenebilir bir bileşenine dönüşmektedir.

Özellikle pandemi sürecinde uzaktan ve hibrit çalışma modellerinin kamuda yaygınlaşması, memurların yasal çalışma saatleri ile özel yaşamları arasındaki sınırı belirsizleştirmiş; mesai kavramı mobil cihazlar ve kurum içi anlık mesajlaşma grupları üzerinden fiilen aşınmıştır. Bu durum yalnızca bireysel bir yorgunluk sorunu değildir. Kamu personel rejimi açısından; kamu hizmeti motivasyonunun aşınması, kamu etiğinde çözülme, karar almada savunmacı bürokrasiye kayış ve örgütsel sinizm gibi yapısal riskler doğuran stratejik bir kamusal sorundur.

Teknostres yazını, kavramın ortaya çıkışından bu yana ağırlıklı olarak bilgi sistemleri ve örgütsel davranış disiplinleri içinde ve özel sektör örneklemleri üzerinden gelişmiştir (Tarafdar ve ark., 2007; Ragu-Nathan ve ark., 2008; Ayyagari ve ark., 2011). Türkiye'de de teknostres çalışmaları çoğunlukla banka, muhasebe ve havacılık gibi alanlara odaklanmış; kamu örneklemli araştırmalar görece sınırlı kalmıştır (Kırmanoğlu, 2023; Aytürk ve Özcan, 2025). Buna karşılık kamu görevlisinin motivasyon yapısını özel sektör çalışanından ayıran Kamu Hizmeti Motivasyonu kuramı (Perry ve Wise, 1990) ile teknostres yazınının doğrudan ilişkilendirildiği çalışmalar oldukça azdır. Bu çalışmanın özgün değeri, bu iki kuramsal geleneği Türk kamu personel rejimi bağlamında sistematik biçimde eşleştirmesinde ve buradan bir politika çerçevesi türetmesinde yatmaktadır.

Bu doğrultuda çalışma üç soruya yanıt aramaktadır: (i) Kamu bürokrasisinde teknostresin kaynakları özel sektörden hangi bakımlardan farklılaşmaktadır? (ii) Teknostres, kamu hizmeti motivasyonunun hangi boyutlarını, hangi mekanizmalarla aşındırmaktadır? (iii) Türk kamu personel rejiminde dijital detoks ve bağlantıyı kesme hakkı hangi düzenleyici araçlarla hayata geçirilebilir?

MATERYAL VE METOD

Çalışma nitel araştırma desenine dayanmakta ve doküman analizi tekniğinden yararlanmaktadır. Doküman analizi, araştırma konusuna ilişkin yazılı materyallerin sistematik biçimde incelenerek çözümlenmesini içeren, birincil veri toplama olanağının bulunmadığı ya da gerekli görülmediği kuramsal ve politika odaklı çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çalışmada görgül veri toplanmamış; mevcut yazın, mevzuat metinleri ve ikincil araştırma bulguları kavramsal çözümlemenin malzemesi olarak kullanılmıştır.

Veri kaynakları dört kümede toplanmıştır. Birinci küme, teknostres ve dijital detoks konusundaki uluslararası kuramsal yazını kapsamaktadır; bu kümenin çekirdeğini Tarafdar ve arkadaşlarının (2007) beş boyutlu teknostres modeli, Ragu-Nathan ve arkadaşlarının (2008) teknostres yaratıcıları ve engelleyicileri ayrımı ile Syvertsen ve Enli'nin (2020) dijital detoks kavramsallaştırması oluşturmaktadır. İkinci küme, Türkiye'de kamu ve özel sektör çalışanları üzerinde yürütülmüş görgül araştırmalardan oluşmaktadır. Üçüncü küme, ulusal mevzuat metinlerini içermektedir: 657 sayılı Devlet Memurları Kanunu (özellikle çalışma saatlerine ilişkin 99. madde, fazla çalışmaya ilişkin 178. madde ve yıllık izne ilişkin 102-103. maddeler), 3071 sayılı Dilekçe Hakkının Kullanılmasına Dair Kanun ve 4982 sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu. Dördüncü küme ise bağlantıyı kesme hakkını yasal güvenceye kavuşturan karşılaştırmalı düzenlemeleri, Fransa'nın 2016 tarihli 2016-1088 sayılı Kanunu ile İspanya'nın 3/2018 sayılı Organik Kanunu'nu kapsamaktadır.

Çözümleme iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada, teknostres boyutları Türk kamu bürokrasisine özgü dijital iş akışları üzerinden yeniden okunmuş ve bağlamsallaştırılmıştır. İkinci aşamada, Tarafdar ve arkadaşlarının (2007) teknostres boyutları ile Perry ve Wise'ın (1990) kamu hizmeti motivasyonu boyutları bir eşleştirme matrisi aracılığıyla ilişkilendirilerek her bir eşleşme için aşınma mekanizması tanımlanmıştır. Kuramsal zemin olarak Kaynakların Korunması Kuramı (Hobfoll, 1989) ile İş Talepleri-Kaynakları Modeli (Demerouti ve ark., 2001; Bakker ve Demerouti, 2007) kullanılmıştır.

Çalışmanın sınırlılıkları açıkça belirtilmelidir. İlk olarak, çalışma birincil veriye dayanmadığından, ileri sürülen ilişkiler istatistiksel olarak sınanmış bulgular değil, kuramsal olarak temellendirilmiş önermelerdir. İkinci olarak, aşağıdaki tablolarda yer alan kurumsal görünümler gerçek bir vakanın alan araştırmasına dayanmamakta; yazın ve mevzuattan türetilmiş temsilî senaryolar niteliği taşımaktadır. Üçüncü olarak, kamu kesimi türdeş bir bütün değildir; merkezî yönetim, yerel yönetim ve düzenleyici kurumlar arasındaki dijital olgunluk farkları bu çalışmada ayrıştırılmamıştır. Çalışma insan katılımcı içermediğinden etik kurul izni gerektirmemektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kamu Bürokrasisinde Teknostresin Kuramsal Zemini ve Boyutları

Kamu bürokrasisinde teknostresin kuramsal açıklaması iki model üzerinden kurulabilir. Kaynakların Korunması Kuramı'na göre bireyler, değerli gördükleri kaynakları (psikolojik enerji, dinlenme zamanı, mesleki özerklik, sosyal yaşam) koruma ve artırma eğilimindedir; kaynak kaybı tehdidi stres tepkisini tetikler (Hobfoll, 1989). Kamu kurumlarında kesintisiz akan elektronik yazışmalar, mesai dışı iletilen talimatlar ve yasal süreli başvuru akışı, memurun bilişsel ve duygusal kaynaklarını doğrudan tüketmektedir. İş Talepleri-Kaynakları Modeli ise iş talepleri ile iş kaynakları arasındaki dengeye odaklanır (Demerouti ve ark., 2001). Kamuda dijitalleşmenin hızla dayatılmasına karşın dijital yetkinlik eğitimi, teknik destek ve yönetsel özerklik gibi kaynakların aynı hızda güçlendirilmemesi, kalıcı bir talep-kaynak dengesizliği yaratmaktadır.

Tarafdar ve arkadaşlarının (2007) geliştirdiği beş boyutlu teknostres modeli, kamu bürokrasisinin kurumsal yapısına özgü dinamikler çerçevesinde Tablo 1'de yapılandırılmıştır. Tablonun üçüncü sütunundaki görünümler, yazın ve mevzuattan türetilmiş temsilî senaryolardır.

Tablo 1. Kamu yönetiminde teknostresin boyutları ve bürokratik karşılıkları

Teknostres Boyutu	Kamu Yönetimi Bağlamında Tanım	Kamu Örgütlerinde Tipik Görünüm (temsilî)
Tekno-aşırı yükleme (techno-overload)	Çoklu dijital kanaldan gelen evrak akışı, mevzuat bildirimi ve vatandaş talebine eşzamanlı maruz kalma. Yasal yanıt süreleri, hata yapmama baskısını artırarak bilişsel kapasiteyi tüketir.	Bir il müdürlüğü yöneticisinden; aynı gün içinde süreli resmî yazıları elektronik imza ile onaylaması, başvuru modülüne düşen talepleri mevzuat süresinde yanıtlaması ve koordinasyon toplantılarına katılması beklenir. Sonuç: usul hatalarında artış ve işlem gecikmeleri.
Tekno-istila (techno-invasion)	Teknolojinin yasal çalışma saatleri dışındaki kişisel zamana müdahalesi. Mobil erişim ve anlık mesajlaşma ağları iş-yaşam sınırını ortadan kaldırır.	Bir büyükşehir belediyesinin teknik birimlerinde görevli personelden, hafta sonları ve resmî tatillerde dahi kurum içi mesajlaşma gruplarından gelen bildirimlere anlık yanıt vermesi beklenir. Sonuç: 657 sayılı Kanundaki mesai kavramının fiilen erimesi.
Tekno-karmaşıklık (techno-complexity)	Kamu bilişim altyapılarının çok katmanlı arayüzleri, sık yaşanan entegrasyon hataları ve mevzuatla değişen iş akışlarına uyum güçlüğü.	Yerel bir yazılımdan bulut tabanlı bütünleşik sisteme geçen bir belediyede, geleneksel evrak kültüründen gelen personel yeni onay ve ihale modüllerinde zorlanır. Sonuç: iş yükünün gayriresmî biçimde belirli personel üzerinde yoğunlaşması.
Tekno-belirsizlik (techno-uncertainty)	Dijital dönüşüm politikalarının ve yazılım standartlarının hızla değişmesi sonucu personelin mevcut yetkinliklerinin geçerliliğine dair kaygısı.	Karar destek sistemlerinin politika hazırlık süreçlerine entegre edileceğinin duyurulması, geleneksel mevzuat analizi yapan uzman personelde rol belirsizliği yaratır. Sonuç: örgütsel bağlılıkta zayıflama.
Tekno-güvensizlik (techno-insecurity)	Hizmetlerin otomasyona taşınması sonucunda kadroların işlevsizleşeceği ya da birimlerin tasfiye edileceği korkusu.	Evrak kayıt ve arşiv biriminde belgelerin otomatik dizinlenmesi ve belgelerin çevrimiçi kanaldan doğrudan verilmesi kararı, personelde dijitalleşmeye karşı edilgen direnç doğurur. Sonuç: örgütsel sinizmde artış.

Kaynak: Tarafdar vd.'nin (2007) beş boyutlu modeli temel alınarak yazar tarafından Türk kamu bürokrasisi bağlamında geliştirilmiştir. Üçüncü sütundaki görünümler yazın ve mevzuattan türetilmiş temsilî senaryolardır.

Bu boyutlar kamu görevlisinde psikolojik, fizyolojik ve davranışsal belirtiler biçiminde görünür hâle gelmektedir. Psikolojik düzeyde bildirimlere karşı aşırı duyarlılık, karar süreçlerinde hukuki sorumluluk kaygısı ve kronik tükenmişlik; fizyolojik düzeyde uzun süreli ekran kullanımına bağlı rahatsızlıklar ve uyku düzensizliği; davranışsal düzeyde ise sistem dönüşümlerine edilgen direnç ve siber aylaklık öne çıkmaktadır. Bu belirtilerin örgütsel karşılığı, inisiyatif almaktan kaçınma, hastalık izni sıklığında artış ve ekip içi iletişimin zayıflamasıdır (Salanova ve ark., 2013; Fuglseth ve Sørebø, 2014).

Teknostres ayrıca görevler arası sürekli bağlam değiştirmeye yol açarak bilişsel maliyeti yükseltmektedir (Ophir ve ark., 2009). Memurun aynı zaman diliminde elektronik yazışmaya, vatandaş başvurusuna ve telefon çağrısına yetişmeye çalışması, kamu işlemlerinde hata olasılığını artırmakta ve hizmet kalitesini düşürmektedir. Türkiye'de kamu çalışanları üzerinde yürütülen araştırmalar da teknostres ile motivasyon ve verimlilik arasında olumsuz bir ilişkiye işaret etmektedir (Kırmanoğlu, 2023).

Teknostresin Kamu Hizmeti Motivasyonu Üzerindeki Aşındırıcı Etkisi

Kamu çalışanının davranışını özel sektör çalışanından ayıran en temel kuramsal çerçevelerden biri, Perry ve Wise (1990) tarafından geliştirilen Kamu Hizmeti Motivasyonu modelidir. Yazarlar bu güdülenmeyi, bireyin öncelikli olarak kamu kurumlarında var olan güdülere tepki verme eğilimi biçiminde tanımlamış ve dört boyut üzerinden kavramsallaştırmıştır: kamu politikasına ilgi, kamu çıkarına bağlılık, şefkat ve özveri. Özel sektörde motivasyon ağırlıklı olarak dışsal ödüller ve piyasa odaklı kariyer hedefleriyle desteklenirken, kamu çalışanının performansı toplumsal fayda üretme yönündeki içsel ve

normatif adanmışlığa dayanmaktadır. Bu durum, 657 sayılı Kanuna tabi sabit kadro ve ücret rejiminde içsel motivasyonu daha da belirleyici kılmaktadır.

Çalışmanın temel bulgusu, teknostresin bu dört boyutun her birinde farklı bir aşınma mekanizması üretmesidir. Kamu çıkarına bağlılık boyutunda tekno-aşırı yükleme, bürokratik süreci kamusal değer üretmekten çıkarıp yalnızca sistemsel usul ve süre standartlarını karşılamaya indirgemekte; bu da Merton'un (1940) bürokrasi çözümlemesinde tanımladığı amaç sapmasına yol açmaktadır. Memurun birincil hedefi vatandaşa fayda sağlamak olmaktan çıkıp, evrakı yasal süresi içinde kapatmak ve hukuki sorumluluktan kaçınmak hâline gelmektedir. Şefkat boyutunda ise tekno-istila belirleyicidir. Doğrudan vatandaşla temas eden sokak düzeyi bürokratlar (Lipsky, 1980) için duygusal yakınlık, mesleki rolün kurucu unsurudur; ancak kesintisiz uyaran akışı duygusal rezervi tüketerek başvuruların insani bir gereksinimin yansıması olarak değil, sistemden düşürülmesi gereken bir kayıt olarak algılanmasına yol açmaktadır.

Bu çözümlemenin bütünü, teknostres boyutlarının kamu hizmeti motivasyonu boyutlarıyla eşleştirildiği bir matris biçiminde Tablo 2'de sunulmuştur. Matriste her satır, belirli bir motivasyon boyutunu baskın biçimde aşındıran teknostres boyutunu, aradaki aşınma mekanizmasını ve bunun bürokratik davranışa gözlenebilir yansımasını bir arada göstermektedir. Tablo, çalışmanın kuramsal katkısının özeti niteliğindedir ve sonraki bölümde tartışılan kamu etiği sorunlarının da çıkış noktasını oluşturmaktadır.

Tablo 2. Teknostres boyutları ile kamu hizmeti motivasyonu boyutlarının eşleştirme matrisi

KHM Boyutu (Perry ve Wise, 1990)	Baskın Teknostres Boyutu	Aşınma Mekanizması	Bürokratik Davranışa Yansıması
Kamu çıkarına bağlılık	Tekno-aşırı yükleme	Amaç sapması: kamusal fayda hedefinin yerini süre ve usul standardını karşılamanın alması	Şekilci ve savunmacı bürokrasi; kamu yararı yerine "sistemde açık vermeme" odaklı işlem
Kamu politikasına ilgi	Tekno-karmaşıklık	Yabancılaşma: karar süreçlerinin esnek olmayan yazılım mantığına bağımlı kılınması	İnisiyatif ve sorun çözme iradesinin kaybı; mevzuat arkasına sığınarak edilgen direnç
Şefkat	Tekno-istila	Duygusal tükenme ve küntleşme: sürekli bildirim akışı altında duygusal rezervin erimesi	Vatandaşa karşı duyarsızlaşma; başvuruların insani gereksinim değil, veri yükü olarak görülmesi
Özveri	Tekno-güvensizlik ve tekno-belirsizlik	Karşılıklılık algısının bozulması: mesai dışı dijital emeğin karşılıksız kalması	Bürokratik sinizm; kamu hizmeti ideallerinden kopuş ve asgari eforla mesai tamamlama

Kaynak: Perry ve Wise (1990) ile Tarafdar ve arkadaşlarının (2007) modelleri esas alınarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Özveri boyutundaki aşınma özellikle dikkat çekicidir. Mesai kavramının dijital araçlarla erimesi, sürekli izlenme hissi ve teknolojik yetersizlik algısı, özveri güdüsünü tek yönlü ve tükenmeye mahkûm bir örüntüye dönüştürmektedir. Karşılıklılık algısı bozulduğunda kamu görevlisi, kurumun amaçlarına ve kamusal değerlere karşı mesafeli bir tutum geliştirerek proaktif çaba göstermeyi bırakmaktadır.

Kamu Etiğine Yansıma: Savunmacı Bürokrasi ve Örgütsel Sinizm

Kamu hizmeti motivasyonundaki aşınma, kamu etiği ve yönetsel dürüstlük ilkelerine iki biçimde yansımaktadır. Birincisi savunmacı bürokrasidir. Teknostres altındaki çalışan, hatalı işlem yapma korkusu ve sistem üzerinden anlık izlenme baskısı nedeniyle takdir yetkisini kamu yararına kullanmaktan kaçınır; vatandaş lehine olabilecek çözümler üretmek yerine en katı mevzuat hükmünü gerekçe göstererek talebi reddetme ya da sorumluluğu üst hiyerarşiye aktarma yolunu seçer. İkincisi, işlem niteliğindeki gerilemedir: yasal süreleri tüketebilme kaygısıyla derinlemesine inceleme, tarafsızlık ve hakkaniyet

ilkeleri ikinci plana düşebilmektedir. Her iki örüntü de kamu hizmetinin niceliksel çıktısını korurken niteliğini aşındırmaktadır.

Bu tabloya örgütsel sinizm eşlik etmektedir. Sinizm, yalnızca bireysel bir tutum değil, kurumun yenilikçi ve dönüşümcü kapasitesini sınırlayan örgütsel bir çıktıdır. Teknostres ile iş tatmini arasındaki olumsuz ilişkiyi gösteren araştırmalar, örgütsel desteğin bu ilişkide belirleyici bir düzenleyici işlev gördüğünü ortaya koymaktadır (Aytürk ve Özcan, 2025). Bu bulgu, teknostresin kaçınılmaz bir yan ürün değil, yönetsel müdahaleye açık bir risk olduğunu göstermesi bakımından politika tartışmasının çıkış noktasını oluşturmaktadır.

Bir Politika Aracı Olarak Dijital Detoks ve Bağlantıyı Kesme Hakkı

Dijital detoks, bireylerin çevrimiçi ya da dijital medyadan belirli sürelerle uzaklaşma çabalarını ve dijital araç kullanımını sınırlandırmaya yönelik stratejileri ifade eder (Syvertsen ve Enli, 2020). Örgütsel bağlamda bu kavram, bireysel bir iyi oluş uygulaması olmaktan çıkıp insan kaynağının tükenmesini önleyen kurumsal bir müdahale aracına dönüşmektedir. Kamuda uygulanabilecek başlıca modeller şunlardır: rutin yazışma ve talimat bildirimlerinin yalnızca mesai saatleri içinde iletilmesini sağlayan zaman ayarlı bildirim protokolleri; stratejik planlama ve sorun çözme toplantılarının mobil cihazlardan arındırılması; ve yıllık izin süresince kurumsal hesapların vekâlet eden personele yönlendirilerek izindeki personelin sistem erişiminin geçici olarak askıya alınması.

Bununla birlikte, özel sektörde esnek insan kaynakları uygulamalarıyla yönetilebilen mesai dışı iletişim kısıtlamaları; hiyerarşik yapının, yasal sorumlulukların ve kamu hizmetinin sürekliliği ilkesinin geçerli olduğu Türk kamu personel rejiminde ancak normatif bir güvenceyle hayata geçirilebilir. 657 sayılı Kanunun 99. maddesi haftalık çalışma süresini genel olarak kırk saatle sınırlamış, 178. maddesi ise fazla çalışmayı belirli usul ve esaslara bağlamıştır. Ancak dijital iletişim araçları üzerinden mesai dışında verilen talimatlar, istenen görüşler ve onay süreçleri, mevzuatta tanımlanmamış bir görünmeyen dijital fazla çalışma alanı yaratmaktadır. Karşılaştırmalı hukukta bu boşluk, Fransa'da 2016 tarihli 2016-1088 sayılı Kanun ve İspanya'da 3/2018 sayılı Organik Kanun'un 88. maddesiyle bağlantıyı kesme hakkı tanınarak doldurulmuştur.

Karşılaştırmalı düzenlemelerin kapsamı, dayanağı ve yaptırım gücü bakımından farklılaştığı görülmektedir. Tablo 3, bu iki ülke düzenlemesi ile Türkiye'deki mevcut durumu üç ölçüt üzerinden karşılaştırmaktadır. Karşılaştırma, Türkiye açısından sorunun bir yasak boşluğu değil, bir hak tanımı boşluğu olduğunu göstermektedir: mevzuat mesai dışı dijital iletişimi yasaklamamakta, ancak çalışana yanıt vermeme yönünde korunaklı bir konum da tanımamaktadır.

Tablo 3. Bağlantıyı kesme hakkının karşılaştırmalı görünümü: Fransa, İspanya ve Türkiye

Ölçüt	Fransa (Loi n° 2016-1088)	İspanya (Ley Orgánica 3/2018)	Türkiye (657 sayılı Kanun)
Hukuki dayanak	İş Kanunu içinde düzenleme; 2017 başından itibaren yürürlükte	Kişisel verilerin korunması ve dijital haklar kanunu içinde tanınan hak	Doğrudan bir düzenleme bulunmamaktadır
Kapsam	Belirli büyüklüğün üzerindeki işletmelerde zorunlu müzakere yükümlülüğü	Hem özel sektör hem kamu görevlileri bakımından hak olarak tanınmıştır	Çalışma süresi (m. 99) ve fazla çalışma (m. 178) hükümleri dijital iletişimi kapsamamaktadır
Uygulama biçimi	Toplu müzakere yoluyla işletme düzeyinde belirlenen kurallar	Kurum içi politika belgesi hazırlama yükümlülüğü	Kurumsal inisiyatife ve yönetici tutumuna bağlı, dağınık uygulamalar
Kamu görevlisi açısından sonuç	Mesai dışı erişilemezlik müzakere edilebilir bir hak	Erişilemezlik açık biçimde korunan bir hak	Mesai dışı yanıt vermeme korunaklı bir konum oluşturmamaktadır

Kaynak: İlgili mevzuat metinleri esas alınarak yazar tarafından düzenlenmiştir.

Bu çerçevede 657 sayılı Kanuna, kamu hizmetinin kesintisiz yürütülmesini gerektiren acil durumlar, afet yönetimi ve kanunlarla özel olarak düzenlenmiş istisnai hizmetler saklı kalmak kaydıyla; kamu çalışanlarının yasal çalışma saatleri, hafta sonları ve yıllık izinleri süresince kurumsal dijital sistemler veya mobil iletişim kanalları üzerinden iş süreçlerine yanıt vermeye zorlanamayacağını ve bu nedenle disiplin ya da performans yaptırımına tabi tutulamayacağını güvence altına alan bir hükmün eklenmesi önerilmektedir. Önerilen politika çerçevesinin dört katmanı Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Türk kamu yönetiminde dijital detoks politikaları için önerilen dört katmanlı çerçeve

Katman	Politika Aracı	Hedeflenen Teknostres Boyutu	Beklenen Kamusal Çıktı
Normatif / yasal	657 sayılı Kanuna bağlantıyı kesme hakkı hükmünün eklenmesi	Tekno-istila	Dinlenme hakkının güvenceye alınması; tükenmişlik ve yabancılaşmanın önlenmesi
Teknik / kurumsal	Kurumsal yazışma ve elektronik posta altyapılarında sessiz saat protokolleri	Tekno-aşırı yükleme	Mesai dışı bilgi yükünün kesilmesi; mesai içi odaklanmanın ve işlem doğruluğunun artması
İdarî / düzenleyici	Mesai dışı anlık mesajlaşma talimatlarının genelge ile sınırlandırılması	Tekno-istila ve tekno-belirsizlik	Hiyerarşik sınırların netleşmesi; örgütsel güven ve yönetsel adaletin güçlenmesi
Eğitsel / yönetişimsel	Kamu yöneticileri için dijital liderlik ve dijital okuryazarlık programları	Tekno-karmaşıklık ve tekno-güvensizlik	Kamu hizmeti motivasyonunda canlanma; örgütsel sinizmin azalması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu katmanların birbirini tamamlayıcı biçimde tasarlanması önemlidir. Yalnızca yasal düzenleme yapılması, teknik altyapı desteklenmediği takdirde uygulamada karşılık bulmayacaktır. Benzer biçimde, kurumsal kültürde yerleşik olan "üstün astı her an göreve çağırabilmesi" algısı dönüştürülmedikçe teknik kısıtlamalar gayriresmî kanallar üzerinden aşılacaktır. Bu nedenle kamu yöneticilerinin kendi teknoloji kullanım alışkanlıklarında örnek oluşturmaları, çerçevenin başarısının önkoşuludur.

SONUÇ

Bu çalışma, e-Devlet ve dijital bürokrasi uygulamalarının kamu çalışanları üzerinde yarattığı teknostresi kamu hizmeti motivasyonu ekseninde çözümlemiştir. Doküman analizine dayalı inceleme üç temel sonuca ulaşmıştır. Birincisi, kamu bürokrasisindeki teknostres özel sektördekinden nitelik olarak farklıdır; kaynağı piyasa rekabeti değil, yasal bağlayıcılığı ve mevzuata dayalı yanıt süresi bulunan dijital iş akışlarıdır. İkincisi, teknostres kamu hizmeti motivasyonunun dört boyutunu farklı mekanizmalarla aşındırmakta; kamu çıkarına bağlılık boyutunda amaç sapması, şefkat boyutunda duygusal küntleşme, özveri boyutunda ise bürokratik sinizm üretmektedir. Üçüncüsü, bu aşınma bireysel bir refah sorunu olmakla kalmayıp savunmacı bürokrasi biçiminde kamu etiğine ve hizmet kalitesine yansımaktadır.

Bu sonuçlar doğrultusunda karar vericilere yönelik öneriler şu biçimde sıralanabilir. Öncelikle, memurların mesai dışındaki dijital dinlenme alanını güvenceye alacak bir bağlantıyı kesme hakkı 657 sayılı Kanun kapsamında yasal statüye kavuşturulmalıdır. İkinci olarak, acil durumlar dışında mesai saatleri dışındaki kurumsal bildirimler sistemsel olarak askıya alınmalı, izindeki personelin dijital teması kesilmelidir. Üçüncü olarak, anlık mesajlaşma platformları üzerinden resmî talimat verilmesi ve mesai dışı görevlendirme yapılması genelgelerle düzenlenmelidir. Dördüncü olarak, dijital dönüşümün izleme göstergeleri yalnızca işlem hızı ve altyapı kapasitesi ekseninde değil, personelin çalışma koşulları ve iyi oluşu ekseninde de tanımlanmalıdır.

Çalışmanın en önemli sınırlılığı, ileri sürülen ilişkilerin görgül olarak sınanmamış olmasıdır. Bu nedenle sonraki araştırmaların, burada oluşturulan eşleştirme matrisini bir ölçüm modeline dönüştürerek Türkiye'de merkezî ve yerel yönetim birimlerinden toplanacak veriyle sınaması önerilmektedir. Ayrıca kurum türüne, hizmet sınıfına ve dijital olgunluk düzeyine göre farklılaşan teknostres örüntülerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, politika araçlarının hedeflenmesini kolaylaştıracaktır. Sonuç olarak dijital devlet dönüşümünün başarısı, işlem sürelerinin kısalmasıyla değil, bu teknolojileri kullanan kamu çalışanlarının mesleki ve psikolojik refahının korunmasıyla ölçülecektir.

KAYNAKLAR

Aytürk S, Özcan K 2025. Teknostres ve iş tatmini ilişkisinde algılanan örgütsel desteğin rolü. Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 60(1): 167-188.

Ayyagari R, Grover V, Purvis R 2011. Technostress: Technological antecedents and implications. MIS Quarterly, 35(4): 831-858.

Bakker AB, Demerouti E 2007. The job demands-resources model: State of the art. Journal of Managerial Psychology, 22(3): 309-328.

Bilgi Edinme Hakkı Kanunu 2003. Kanun No: 4982. Resmî Gazete, 24.10.2003, Sayı: 25269.

Brod C 1984. Technostress: The human cost of the computer revolution. Reading: Addison-Wesley.

Demerouti E, Bakker AB, Nachreiner F, Schaufeli WB 2001. The job demands-resources model of burnout. Journal of Applied Psychology, 86(3): 499-512.

Devlet Memurları Kanunu 1965. Kanun No: 657. Resmî Gazete, 23.07.1965, Sayı: 12056.

Dilekçe Hakkının Kullanılmasına Dair Kanun 1984. Kanun No: 3071. Resmî Gazete, 10.11.1984, Sayı: 18571.

Fuglseth AM, Sørebø Ø 2014. The effects of technostress within the context of employee use of ICT. Computers in Human Behavior, 40: 161-170.

Hobfoll SE 1989. Conservation of resources: A new attempt at conceptualizing stress. American Psychologist, 44(3): 513-524.

Kırmanoğlu F 2023. Teknostresin çalışan motivasyonu ve verimliliğine etkisi: Ordu ili Sosyal Güvenlik Kurumu çalışanları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ordu.

Ley Orgánica 3/2018 2018. Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Boletín Oficial del Estado, 06.12.2018, No: 294.

Lipsky M 1980. Street-level bureaucracy: Dilemmas of the individual in public services. New York: Russell Sage Foundation.

Loi n° 2016-1088 2016. Loi relative au travail, à la modernisation du dialogue social et à la sécurisation des parcours professionnels. Journal Officiel de la République Française, 09.08.2016.

Merton RK 1940. Bureaucratic structure and personality. Social Forces, 18(4): 560-568.

Ophir E, Nass C, Wagner AD 2009. Cognitive control in media multitaskers. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(37): 15583-15587.

Perry JL, Wise LR 1990. The motivational bases of public service. Public Administration Review, 50(3): 367-373.

Ragu-Nathan TS, Tarafdar M, Ragu-Nathan BS, Tu Q 2008. The consequences of technostress for end users in organizations: Conceptual development and empirical validation. Information Systems Research, 19(4): 417-433.

Salanova M, Llorens S, Cifre E 2013. The dark side of technologies: Technostress among users of information and communication technologies. International Journal of Psychology, 48(3): 422-436.

Syvertsen T, Enli G 2020. Digital detox: Media resistance and the promise of authenticity. Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies, 26(5-6): 1269-1283.

Tarafdar M, Tu Q, Ragu-Nathan BS, Ragu-Nathan TS 2007. The impact of technostress on role stress and productivity. Journal of Management Information Systems, 24(1): 301-328.

Turel O, Qahri-Saremi H 2016. Problematic use of social networking sites: Antecedents and consequence from a dual system theory perspective. Journal of Management Information Systems, 33(4): 1087-1116.

DİJİTAL TÜKETİCİ DAVRANIŞINDA eWOM SÜRECİ

Öğretim Görevlisi, Oğuzhan ÖZYİĞİT[1]/ Prof. Dr. Emrah CENGİZ[2]/ Öğretim Görevlisi, Olusoyi Richard ASHAYE[3]

[1]İstanbul Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Üretim Yönetimi ve Pazarlama, ozyigitoguzhan@gmail.com, ORCID numarası: 0000-0001-9552-0938

[2]İstanbul Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Üretim Yönetimi ve Pazarlama, ecengiz@istanbul.edu.tr, ORCID numarası: 0000-0001-6524-7563

[3]University of Wales Trinity St David, Management, olusoyi.ashaye@uwtsd.ac.uk, ORCID numarası: 0000-0001-9044-0728

Özet

Dijitalleşmenin tüketici davranışları üzerindeki etkisinin artmasıyla birlikte, web sitelerinin sunduğu deneyim ve elektronik ağızdan ağıza iletişim (eWOM), tüketicilerin markalara yönelik değerlendirmelerinde önemli unsurlar hâline gelmiştir. Bu çalışma, web sitesi kalitesinin eWOM ile ilişkili tüketici süreçleri üzerinden marka etkisi ve marka güveni üzerindeki etkilerini incelemektedir. Araştırmanın kuramsal çerçevesi Uyarıcı–Organizma–Tepki (S-O-R) modeline dayandırılmış; Teknoloji Kabul Modeli (TAM), Bilgi Benimseme Modeli (IAM), Gerekçeli Eylem Teorisi (TRA) ve Ayrıntılandırma Olasılığı Modelinden (ELM) yararlanılmıştır. Araştırma kapsamında toplam 315 katılımcıdan anket yoluyla elde edilen veriler yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgular, web sitesi kalitesinin tüketicilerin eWOM ihtiyacını ve eWOM'a yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca eWOM ihtiyacının eWOM'a yönelik tutumu güçlendirdiği belirlenmiştir. eWOM'a yönelik olumlu tutumun ise hem marka etkisini hem de marka güvenini artırdığı, marka etkisinin de marka güveni üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak çalışma, web sitesi kalitesinin yalnızca çevrim içi deneyimi değil, tüketicilerin eWOM'a yönelik içsel değerlendirme süreçlerini de şekillendirdiğini ve bu süreçlerin marka ile kurulan duygusal ve güven temelli ilişkilerin oluşumuna katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Web Sitesi Kalitesi, Elektronik Ağızdan Ağıza İletişim (eWOM), Marka Etkisi, Marka Güveni, Dijital Tüketici Davranışı.

FROM WEBSITE QUALITY TO BRAND TRUST: THE eWOM PATHWAY IN DIGITAL CONSUMER BEHAVIOR

Abstract

With the growing influence of digitalization on consumer behavior, website experiences and electronic word-of-mouth (eWOM) have become important factors shaping consumers' evaluations of brands. This study examines the effects of website quality on brand affect and brand trust through consumer processes related to eWOM. The theoretical framework of the study is based on the Stimulus–Organism–Response (S-O-R) model and draws on the Technology Acceptance Model (TAM), Information Adoption Model (IAM), Theory of Reasoned Action (TRA), and Elaboration Likelihood Model (ELM). Data were collected from a total of 315 participants through a survey and analyzed using structural equation modeling. The findings show that website quality positively influences consumers' need for eWOM and their attitudes toward eWOM. In addition, need for eWOM was found to strengthen attitudes toward eWOM. Favorable attitudes toward eWOM, in turn, positively influence both brand affect and brand trust, while brand affect also has a positive effect on brand trust. Overall, the study demonstrates that website quality shapes not only consumers' online experiences but also their internal eWOM-related evaluation processes, which contribute to the development of emotional and trust-based relationships with brands.

Keywords: Website Quality, Electronic Word-of-Mouth (eWOM), Brand Affect, Brand Trust, Digital Consumer Behavior.

1. GİRİŞ

Günümüzde tüketici bir ürün ya da hizmetle karşılaştığında markanın kendi mesajlarını, web sitesi içeriğini ve diğer tüketicilerin yorumlarını aynı anda işler. Bu nedenle web sitesi deneyimini, marka değerlendirmesini ve elektronik ağızdan ağıza iletişimini (eWOM) birbirinden ayrı ele almak, dijital tüketici deneyiminin bütününü görmeyi zorlaştırır. Nitekim web sitesi kalitesinin tüketicilerin eWOM davranışıyla ilişkili olduğu gösterilirken (Saleem vd., 2022), çevrim içi yorumların satın alma niyetine dönüşmesinde yorumların yalnızca varlığı değil nasıl algılandığı da belirleyici olmaktadır (Zhu vd., 2020).

Öte yandan eWOM'un kuramsal konumu çalışmadan çalışmaya değişmektedir. Bazı S-O-R modellerinde çevrim içi yorumlara ilişkin özellikler dışsal uyarıcı olarak ele alınırken (Zhu vd., 2020), bazılarında eWOM, web sitesi kalitesi gibi öncüllerin ardından gelen bir sonuç değişkeni olarak modellenmektedir (Saleem vd., 2022). Alıcı perspektifi ise tüketicinin eWOM'a neden başvurduğunun ve bu bilgiye nasıl bir tutum geliştirdiğinin ayrıca ele alınmasını gerektirir. Moliner-Velázquez vd. (2023), eWOM'a başvurma motivasyonlarının eWOM'a yönelik tutumun oluşumundaki rolünü ortaya koymuştur.

Bu çalışma, web sitesinde başlayan deneyimin marka düzeyindeki duygusal ve bilişsel değerlendirmelerle hangi süreç üzerinden ilişkilendiğini incelemektedir. Modelde web sitesi kalitesi uyarıcı, eWOM'a ilişkin içsel süreçler organizma,

marka düzeyindeki çıktılar ise tepki aşamasında konumlandırılmıştır. Teknoloji Kabul Modeli (TAM), Bilgi Benimseme Modeli (IAM), Gerekçeli Eylem Teorisi (TRA) ve Ayrıntılandırma Olasılığı Modelinin (ELM) açıklama mekanizmaları S-O-R çatısı altında birleştirilmiştir. Çalışmanın temel katkısı, web sitesi kalitesi ile marka çıktıları arasındaki ilişkide eWOM'a ilişkin motivasyonel ve değerlendirici süreçleri görünür kılan bir model önermesidir.

1.1. Kuramsal Çerçeve

S-O-R yaklaşımı, dış çevreden gelen bir uyaranın bireyin içsel bilişsel ya da duygusal durumlarında işlenerek bir tepkiye bağlanması mantığına dayanır. Zhu vd. (2020), çevrim içi yorumların satın alma niyetiyle ilişkisini bu ardışık yapı içinde modellemiştir. Mevcut çalışmada uyarıcı olarak web sitesi kalitesi ele alınmaktadır. Jones ve Kim (2010), kullanılabilirlik ve bilgi kalitesi özelliklerini içeren web sitesi kalitesinin çevrim içi alışveriş niyetiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Buradan hareketle web sitesi kalitesi, kullanılabilirlik ve bilgi kalitesi ipuçlarını birlikte taşıyan bütünleşik bir uyarıcı olarak konumlandırılmıştır.

Bu konumlandırma üç kuramsal yaklaşımla desteklenmektedir. Teknoloji Kabul Modeli (TAM), algılanan kullanım kolaylığının teknoloji kabulündeki rolünü vurgularken (Davis, 1989), Bilgi Benimseme Modeli (IAM) bilginin kalitesinin bilgi benimseme sürecindeki önemine odaklanmaktadır (Sussman ve Siegal, 2003). Ayrıntılandırma Olasılığı Modeli (ELM) ise ayrıntılı içerik işlemeye dayanan merkezi rota ile daha düşük bilişsel çabayla kullanılan çevresel ipuçları arasında ayrım yapmaktadır (Petty vd., 1983). Moradi ve Zihagh'ın (2022) meta-analizi, merkezi ve çevresel işleme rotalarının eWOM benimsemesinde farklı roller üstlendiğini göstermektedir. Bu ayrım doğrultusunda kullanılabilirlik daha kolay işlenen çevresel bir ipucu, bilgi kalitesi ise içerik değerlendirmesi gerektiren merkezi bir ipucu olarak ele alınmıştır (H1a, H1b).

Organizma aşaması, tüketicinin dışsal girdiyi nasıl yorumladığını temsil etmekte ve bu çalışmada iki yapıyla modellenmektedir. Tüketicinin eWOM ihtiyacı, karar verirken diğer tüketicilerin görüşlerine başvurma yönelimini ifade etmektedir. Chu ve Kim (2011), tüketicilerin diğer kullanıcıların görüşlerine başvurma davranışını görüş arama boyutu kapsamında ele almıştır. Moliner-Velázquez vd. (2023), eWOM'a başvurma motivasyonlarının eWOM'a yönelik tutumun oluşumundaki rolünü alıcı perspektifinden ortaya koymuştur. TRA'nın tutumların bireyin inanç ve değerlendirmeleriyle ilişkili olduğu yönündeki yaklaşımı da bu geçişi kuramsal olarak desteklemektedir (Fishbein ve Ajzen, 1975) (H2).

Tepki aşamasında iki marka çıktısı yer almaktadır. Marka etkisi, markanın tüketicide olumlu duygusal tepkiler oluşturma potansiyelini; marka güveni ise markanın vaat edilen işlevi yerine getireceğine ilişkin inancı yansıtmaktadır (Chaudhuri ve Holbrook, 2001; Delgado-Ballester, 2004). eWOM'a yönelik olumlu tutumun, çevrim içi bilgiyi anlamlı ve kullanılabilir görme eğilimini güçlendirerek her iki marka çıktısıyla da pozitif yönde ilişkili olması beklenmektedir (H3a, H3b). Marka etkisi ve marka güveni kavramsal olarak farklı olmakla birlikte birbiriyle ilişkili yapılardır. Chaudhuri ve Holbrook (2001), bu iki yapıyı marka sadakatinin farklı öncülleri olarak ele almaktadır. Bu doğrultuda marka etkisinin marka güveniyle pozitif yönde ilişkili olması beklenmektedir (H4).

1.2. Hipotezler

Çalışmanın amaçları doğrultusunda aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir:

H1a: Web sitesi kalitesi ile tüketicinin eWOM ihtiyacı pozitif yönde ilişkilidir.

H1b: Web sitesi kalitesi ile tüketicinin eWOM'a yönelik tutumu pozitif yönde ilişkilidir.

H2: Tüketicinin eWOM ihtiyacı ile eWOM'a yönelik tutumu pozitif yönde ilişkilidir.

H3a: Tüketicinin eWOM'a yönelik tutumu ile marka etkisi pozitif yönde ilişkilidir.

H3b: Tüketicinin eWOM'a yönelik tutumu ile marka güveni pozitif yönde ilişkilidir.

H4: Marka etkisi ile marka güveni pozitif yönde ilişkilidir.

2. YÖNTEM

Araştırmada kesitsel ve nicel bir tasarım kullanılmıştır. Kolayda örnekleme yoluyla Birleşik Krallık'ta yaşayan, 18 yaş ve üzerinde olan ve internet üzerinden ürün ya da markalara ilişkin bilgi ve yorum okuyan bireylere ulaşılmıştır. Toplanan 320 anketten eksik veya geçersiz yanıtların çıkarılmasıyla 315 geçerli gözlem analizde kullanılmıştır.

Araştırma modelindeki beş yapı, 1 "kesinlikle katılmıyorum" ile 5 "kesinlikle katılıyorum" arasında değişen beşli Likert tipi ölçekle ölçülmüştür. Web sitesi kalitesi altı madde ile (Jones ve Kim, 2010); eWOM ihtiyacı, eWOM'a yönelik tutum, marka güveni ve marka etkisi ise üçer madde ile ölçülmüştür (Chu ve Kim, 2011; Park vd., 2007; Delgado-Ballester, 2004; Chaudhuri ve Holbrook, 2001).

Veriler, R istatistik programında lavaan paketi kullanılarak yapısal eşitlik modellemesi ile analiz edilmiştir. Öncelikle doğrulayıcı faktör analizi ile ölçüm modeli değerlendirilmiş, ardından yapısal model ve hipotezler test edilmiştir. İç tutarlılığın değerlendirilmesinde Cronbach alfa ve bileşik güvenirlik (CR), yakınsak geçerlikte ortalama açıklanan varyans (AVE), ayrışma geçerliğinde ise HTMT oranları kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Örneklemin %53,0'ı erkek, %44,5'i kadın ve %2,5'i diğer kategorisindedir. Katılımcıların büyük çoğunluğu 18-32 yaş aralığında (%93,5) olup %52,4'ü lisans düzeyindedir.

Doğrulayıcı faktör analizi sonuçları ölçüm modelinin iyi uyum gösterdiğini ortaya koymuştur (χ^2/sd=1,500; CFI=0,974; TLI=0,969; RMSEA=0,040; SRMR=0,048). Tüm yapılarda Cronbach alfa değerleri 0,743-0,868, bileşik güvenirlik (CR) değerleri 0,755-0,853 ve ortalama açıklanan varyans (AVE) değerleri 0,511-0,594 arasında değişmektedir. Bu bulgular, ölçeklerin iç tutarlılık ve yakınsak geçerlik açısından kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Ayrışma geçerliği HTMT oranları kullanılarak değerlendirilmiştir. HTMT değerleri 0,495 ile 0,763 arasında değişmiş ve en yüksek değer marka etkisi ile marka güveni arasında 0,763 olarak bulunmuştur. Tüm değerler, Henseler vd. (2015) tarafından önerilen 0,85'lik muhafazakâr sınırın altında kalmaktadır.

3.1. Yapısal Model ve Hipotez Testleri

Yapısal modelde altı hipotezin tamamı pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Web sitesi kalitesinin eWOM ihtiyacı üzerindeki standardize etkisi β=0,550 (p<0,001), eWOM'a yönelik tutum üzerindeki doğrudan etkisi ise β=0,366'dır (p<0,001). eWOM ihtiyacı, eWOM'a yönelik tutumla pozitif yönde ilişkilidir (β=0,535, p<0,001). eWOM'a yönelik tutumun marka etkisi üzerindeki yolu modeldeki en yüksek standardize katsayıdır (β=0,706, p<0,001). Tutumun marka güveni üzerindeki doğrudan yolu daha düşük olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlıdır (β=0,269, p=0,016). Son olarak marka etkisi ile marka güveni arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (β=0,543, p<0,001). Buna göre H1a, H1b, H2, H3a, H3b ve H4 desteklenmiştir.

Tablo 1. Yapısal model ve hipotez testleri

Hipotez	Yol	β	p	Sonuç
H1a	Web sitesi kalitesi → eWOM ihtiyacı	0,550	<0,001	Desteklendi
H1b	Web sitesi kalitesi → eWOM'a yönelik tutum	0,366	<0,001	Desteklendi
H2	eWOM ihtiyacı → eWOM'a yönelik tutum	0,535	<0,001	Desteklendi
H3a	eWOM'a yönelik tutum → Marka etkisi	0,706	<0,001	Desteklendi
H3b	eWOM'a yönelik tutum → Marka güveni	0,269	0,016	Desteklendi
H4	Marka etkisi → Marka güveni	0,543	<0,001	Desteklendi

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma, web sitesi kalitesinden marka güvenine uzanan dijital tüketici sürecini eWOM'u sürece dahil ederek incelemiştir. Bulgular, web sitesi kalitesinin hem eWOM ihtiyacı hem de eWOM'a yönelik tutumla pozitif ilişkili olduğunu, eWOM ihtiyacının da eWOM'a yönelik tutumla pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir. Saleem vd. (2022) web sitesi kalitesi ile eWOM arasındaki pozitif ilişkiyi ortaya koyarken, Erkan ve Evans (2016) bilgi ihtiyacı ve bilgiye yönelik tutumun eWOM'un tüketici tarafından işlenmesinde birlikte rol oynadığını göstermiştir. Benzer biçimde Filieri (2015), çevrim içi yorumlarda bilgi kalitesinin bilginin benimsenmesinde önemli olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla araştırmanın bulguları önceki çalışmalarla uyumludur.

Marka çıktıları açısından en yüksek standardize katsayı eWOM'a yönelik tutum ile marka etkisi arasında bulunmuştur (β=0,706). eWOM'a yönelik tutum marka güveniyle (β=0,269), marka etkisi de marka güveniyle (β=0,543) pozitif ilişki göstermiştir. Bu sonuçlar, eWOM değerlendirmesinin yalnızca satın alma niyeti gibi işlemsel sonuçlarla değil, duygusal ve güvene dayalı marka değerlendirmeleriyle de birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Marka etkisi ile marka güveninin ayrı ancak ilişkili yapılar olması Chaudhuri ve Holbrook (2001) ile uyumludur; Huaman-Ramirez vd. (2019) da marka etkisi ile marka güveni arasındaki pozitif ilişkiyi ampirik olarak göstermiştir.

Çalışmanın temel kuramsal katkısı, web sitesi kalitesi, eWOM ve marka çıktıları arasındaki bağlantıyı tekil değişkenler yerine ardışık bir süreç olarak ele almasıdır. Modelde web sitesi kalitesi uyarıcı, eWOM ihtiyacı ve eWOM'a yönelik tutum organizma, marka etkisi ve marka güveni ise tepki aşamasında konumlandırılmıştır. Böylece eWOM, yalnızca dışsal bir

mesaj olarak değil, tüketici tarafından değerlendirilen ve marka düzeyindeki çıktılarla ilişkilenen bir süreç olarak ele alınmıştır.

Yönetsel açıdan bulgular, web sitesi deneyimi ile eWOM yönetiminin birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Markalar yalnızca yorum sayısını artırmaya değil, tüketicilerin bilgiye kolay erişmesini, içeriği değerlendirmesini ve farklı görüşleri karşılaştırmasını sağlayan, kullanımı kolay ve nitelikli bilgi sunan web ortamları oluşturmaya odaklanmalıdır. Filieri'nin (2015) bulguları da çevrim içi yorumların benimsenmesinde bilgi kalitesinin önemini desteklemektedir.

Araştırmanın kesitsel tasarıma sahip olması nedensel çıkarımların yapılmasını sınırlandırmaktadır. Ayrıca kolayda örnekleme yoluyla ulaşılan ve katılımcıların büyük ölçüde 18–32 yaş aralığında yoğunlaştığı örneklem, bulguların daha geniş tüketici gruplarına genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Gelecek çalışmalar modeli farklı yaş grupları, platformlar ve ürün kategorilerinde boylamsal veya deneysel tasarımlarla sınayabilir ve öz-bildirim ölçümlerini satın alma gibi davranışsal göstergelerle birleştirebilir.

KAYNAKLAR

Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: The role of brand loyalty. *Journal of Marketing, 65*(2), 81–93. https://doi.org/10.1509/jmkg.65.2.81.18255

Chu, S. C., & Kim, Y. (2011). Determinants of consumer engagement in electronic word-of-mouth (eWOM) in social networking sites. *International Journal of Advertising, 30*(1), 47–75. https://doi.org/10.2501/IJA-30-1-047-075

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

Delgado-Ballester, E. (2004). Applicability of a brand trust scale across product categories: A multigroup invariance analysis. *European Journal of Marketing, 38*(5/6), 573–592. https://doi.org/10.1108/03090560410529222

Erkan, I., & Evans, C. (2016). The influence of eWOM in social media on consumers' purchase intentions: An extended approach to information adoption. *Computers in Human Behavior, 61*, 47–55. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.003

Filieri, R. (2015). What makes online reviews helpful? A diagnosticity-adoption framework to explain informational and normative influences in e-WOM. *Journal of Business Research, 68*(6), 1261–1270. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.11.006

Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.

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

Huaman-Ramirez, R., Albert, N., & Merunka, D. (2019). Are global brands trustworthy? The role of brand affect, brand innovativeness, and consumer ethnocentrism. *European Business Review, 31*(6), 926–946. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2017-0202

Jones, C., & Kim, S. (2010). Influences of retail brand trust, off-line patronage, clothing involvement and website quality on online apparel shopping intention. *International Journal of Consumer Studies, 34*(6), 627–637. https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2010.00871.x

Moliner-Velázquez, B., Fuentes-Blasco, M., & Gil-Saura, I. (2023). Motivations and attitudes towards consulting eWOM when booking accommodation. *Service Business, 17*(2), 557–578. https://doi.org/10.1007/s11628-023-00533-z

Moradi, M., & Zihagh, F. (2022). A meta-analysis of the elaboration likelihood model in the electronic word of mouth literature. *International Journal of Consumer Studies, 46*(5), 1900–1918. https://doi.org/10.1111/ijcs.12814

Park, D. H., Lee, J., & Han, I. (2007). The effect of on-line consumer reviews on consumer purchasing intention: The moderating role of involvement. *International Journal of Electronic Commerce, 11*(4), 125–148. https://doi.org/10.2753/JEC1086-4415110405

Petty, R. E., Cacioppo, J. T., & Schumann, D. (1983). Central and peripheral routes to advertising effectiveness: The moderating role of involvement. *Journal of Consumer Research, 10*(2), 135–146. https://doi.org/10.1086/208954

Saleem, U., yi, S., Bilal, M., Topor, D. I., & Căpușneanu, S. (2022). The impact of website quality on customer satisfaction and eWOM in online purchase intention: The moderating role of gender in risk-taking. *Frontiers in Psychology, 13*, 945707. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.945707

Sussman, S. W., & Siegal, W. S. (2003). Informational influence in organizations: An integrated approach to knowledge adoption. *Information Systems Research, 14*(1), 47–65. https://doi.org/10.1287/isre.14.1.47.14767

Zhu, L., Li, H., Wang, F. K., He, W., & Tian, Z. (2020). How online reviews affect purchase intention: A new model based on the stimulus-organism-response (S-O-R) framework. *Aslib Journal of Information Management, 72*(4), 463–488. https://doi.org/10.1108/AJIM-11-2019-0308

ÖRGÜTLERDE PROBLEM NE ZAMAN ÖĞRENMEYE DÖNÜŞÜR? STRATEJİK UYUM İÇİN KAVRAMSAL BİR MODEL

Dr. Öğr. Üyesi, Okan ŞENELDİR

Kocaeli Üniversitesi Ali Rıza Veziroğlu MYO, Yönetim ve Organizasyon, seneldir@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5464-7545

Özet

Örgütler sürekli olarak problemler, başarısızlıklar, performans sapmaları, beklenmedik olaylar ve çevresel değişimlerle karşılaşmaktadır. Ancak bir problemin ortaya çıkması kendiliğinden öğrenme yaratmamaktadır. Aynı problem, bazı birey ve örgütlerde bilgi arama, anlamlandırma ve öğrenilenlerin eyleme aktarılmasına yol açarken, bazı durumlarda inkâr, kaçınma, savunmacı işleme, öğrenme tıkanması ve eylem gecikmesiyle sonuçlanabilmektedir. Bu durum, bir problemin ne zaman öğrenmeye dönüştüğü sorusunu ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma, bir problemin ne zaman öğrenmeye dönüşebileceğini ve ortaya çıkan öğrenmenin stratejik uyuma nasıl katkı sağlayabileceğini açıklamak amacıyla kavramsal bir model önermektedir. Model, problemi yalnızca çözülmesi gereken bir durum olarak değil, uygun biçimde işlendiğinde örgütsel öğrenme ve stratejik uyum için bir kaynak hâline gelebilecek bir durum olarak ele almaktadır. Problemle karşılaşmanın ardından iki karşıt problem işleme yolu ortaya çıkmaktadır. Birinci yol; gerçekliğin kabul edilmesi, öğrenmeye açıklık, bilgi arama ve anlamlandırma ve öğrenilenlerin eyleme aktarılması aracılığıyla stratejik uyuma ulaşan öğrenme odaklı işleme yoludur. İkinci yol ise inkâr veya kaçınma, bilgi kaçınması, öğrenme tıkanması ve eylem gecikmesi aracılığıyla problemin sürmesine ve stratejik uyumun zayıflamasına yol açan savunmacı işleme yoludur. Model ayrıca zaman baskısı ve bilişsel yükü, bu iki yolun ortaya çıkmasını etkileyebilecek önemli bağlamsal ve bilişsel mekanizmalar olarak ele almaktadır. Çalışmanın temel katkısı, problemden öğrenmeyi yalnızca örgütsel öğrenmenin bir sonucu olarak değil, problem ile stratejik uyum arasında gerçekleşen koşullu bir dönüşüm süreci olarak kavramsallaştırmasıdır. Böylece model, aynı problemin neden bazı durumlarda öğrenme ve eylem üretirken, bazı durumlarda öğrenme tıkanması ve eylem gecikmesine yol açabildiğini açıklamaya yönelik bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Problemden öğrenme, problem işleme, savunmacı işleme, bilişsel yük, stratejik uyum

WHEN DOES A PROBLEM BECOME LEARNING IN ORGANIZATIONS? A CONCEPTUAL MODEL FOR STRATEGIC ADAPTATION

Abstract

Organizations continuously encounter problems, failures, performance deviations, unexpected events, and environmental changes. However, the emergence of a problem does not automatically generate learning. The same problem may lead some individuals and organizations to information seeking, sensemaking, and the transfer of learning into action, while resulting in denial, avoidance, defensive processing, learning blockage, and action delay in others. This raises the question of when a problem becomes learning. This study proposes a conceptual model to explain when a problem can generate learning and how such learning can contribute to strategic adaptation. The model conceptualizes a problem not merely as a situation requiring resolution, but as a situation that can become a resource for organizational learning and strategic adaptation when processed appropriately. Following the emergence of a problem, two contrasting problem-processing pathways are proposed. The first is the learning-oriented processing pathway, involving acceptance of reality, openness to learning, information seeking and sensemaking, and the transfer of learning into action, ultimately leading to strategic adaptation. The second is the defensive processing pathway, involving denial or avoidance, information avoidance, learning blockage, and action delay, which may allow problems to persist and weaken strategic adaptation. The model also considers time pressure and cognitive load as important contextual and cognitive mechanisms that may influence the emergence of these two pathways. The main contribution of the study is to conceptualize learning from problems not merely as an outcome of organizational learning, but as a conditional transformation process occurring between a problem and strategic adaptation. The model therefore provides a conceptual framework for explaining why the same problem may generate learning and action under some circumstances, but learning blockage and action delay under others.

Keywords: Learning from problems, problem processing, defensive processing, cognitive load, strategic adaptation

EKONOMİK BÜYÜMEDEN YEŞİL BÜYÜMEYE: BÜYÜME VE KALKINMA TEORİLERİ ÇERÇEVESİNDE KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Öğretim Üyesi, Esra CEBECİ MAZLUM[1]/

[1]Selçuk Üniversitesi, Silifke-Taşucu MYO, Dış Ticaret Bölümü, esracebeci@selcuk.edu.tr,

ORCID: 0000-0001-5563-0681

Özet

Ekonomik büyüme ve kalkınma uzun süre üretim kapasitesindeki genişleme, kişi başına düşen gelirin artması ve toplumsal refahın yükselmesi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ancak doğal kaynakların giderek azalması, çevresel sorunların derinleşmesi ve iklim değişikliğinin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkilerinin artması, geleneksel büyüme yaklaşımının yeniden ele alınmasını gerekli kılmıştır. Bu çalışma, geleneksel ekonomik büyüme anlayışından yeşil büyüme paradigmasına geçişi teorik bir perspektiften incelemektedir. Bu çalışmanın amacı, ekonomik büyümeden yeşil büyümeye geçişi büyüme ve kalkınma teorileri çerçevesinde kavramsal olarak değerlendirmektir. Çalışmada öncelikle ekonomik büyüme ve kalkınma kavramlarının teorik temelleri ele alınmakta, ardından büyüme teorilerinde doğal kaynaklar ve çevresel faktörlerin nasıl değerlendirildiği incelenmektedir. Klasik ve neoklasik yaklaşımlarda üretim faktörleri ve sermaye birikimi ön plana çıkarken, içsel büyüme teorileri teknolojik gelişme, beşerî sermaye ve bilgi birikiminin uzun dönemli büyümedeki rolünü daha fazla vurgulamaktadır. Bu teorik dönüşüm, çevresel sürdürülebilirlik ile teknolojik yenilik arasındaki ilişkinin büyüme tartışmalarına dâhil edilmesine zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda yeşil büyüme, ekonomik faaliyetlerin çevresel sınırlarla uyumlu biçimde sürdürülmesini hedefleyen ve büyüme ile kalkınma politikalarının sürdürülebilirlik ekseninde yeniden şekillendirilmesine katkı sağlayan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ekonomik büyüme, kalkınma, yeşil büyüme, sürdürülebilir kalkınma, çevresel sürdürülebilirlik.

FROM ECONOMIC GROWTH TO GREEN GROWTH: A CONCEPTUAL ASSESSMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF GROWTH AND DEVELOPMENT THEORIES

Abstract

Economic growth and development have long been defined within the framework of expanding production capacity, increasing per capita income, and rising social welfare. However, the increasing depletion of natural resources, the deepening of environmental problems, and the growing impact of climate change on economic activities have necessitated a reassessment of the traditional growth approach. This study examines the transition from the traditional understanding of economic growth to the green growth paradigm from a theoretical perspective. The aim of this study is to conceptually evaluate the transition from economic growth to green growth within the framework of growth and development theories. The study first addresses the theoretical foundations of the concepts of economic growth and development, and then examines how natural resources and environmental factors are evaluated in growth theories. While classical and neoclassical approaches emphasize factors of production and capital accumulation, endogenous growth theories place greater emphasis on the role of technological development, human capital, and knowledge accumulation in long-term growth. This theoretical shift has paved the way for the inclusion of the relationship between environmental sustainability and technological innovation in growth discussions. In this context, green growth emerges as an approach that seeks to align economic activities with environmental limits while contributing to the reshaping of growth and development policies around the principle of sustainability.

Keywords: Economic growth, development, green growth, sustainable development, environmental sustainability.

TÜRKİYE VE IRAK'TA BİYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMLARININ KARŞILAŞTIRMALI EĞİTİM KAPSAMINDA İNCELENMESİ

Dalila Jabbar Salman AL-RUBAYE[1]/ Dr. Öğr. Üyesi Sultan ÇIKRIK[2]

[1]Gazi Üniversitesi, Biyoloji Eğitimi, dalilaalrubaye44@gmail.com, https://orcid.org/0009-0007-1919-8634

[2]Gazi Üniversitesi, Biyoloji Eğitimi, sultanaltunsoy@gazi.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6821-7922

Özet

Bu araştırma, Türkiye ve Irak biyoloji dersi öğretim programlarını karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın temel amacı, her iki ülkenin biyoloji öğretim programlarının yapısal özelliklerini, öğrenme yaklaşımlarını, ünite ve kazanım dağılımlarını ve ölçme-değerlendirme yöntemlerini belirleyerek benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymaktır. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı doğrultusunda doküman inceleme yöntemi ile yürütülmüştür. Türkiye ve Irak biyoloji öğretim programlarına ait resmi dokümanlar sistematik olarak incelenmiş ve içerik analizi tekniği kullanılarak kategorilere ayrılmıştır. Araştırma bulguları, Türkiye biyoloji öğretim programının öğrenci merkezli, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımıyla düzenlendiğini ve biyoloji okuryazarlığı, bilimsel süreç becerileri ile çevresel farkındalık kazandırmaya odaklandığını göstermektedir. Buna karşın, Irak biyoloji programı daha çok içerik ve konu ağırlıklı olup, uygulamalı laboratuvar rehberliklerine ve fizyolojik sistem bilgilerine vurgu yapmaktadır. Ünite ve kazanım dağılımlarında, Türkiye programının sarmal yapı ve kademeli ilerleme ilkesini benimsediği; Irak programının ise tüm lise düzeylerini kapsayan bütüncül ve ileri düzey içerik sunumuna sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları, iki ülke programlarının farklı eğitim felsefelerine sahip olduğunu; Türkiye programının beceri geliştirme ve bilimsel süreçlere odaklandığını, Irak programının ise içerik ve uygulamalı bilgi aktarımına ağırlık verdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, biyoloji öğretim programlarının geliştirilmesi ve karşılaştırmalı eğitim alanında yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır.

Anahtar kelimeler: Türkiye, Irak, Biyoloji Öğretim Programı, Karşılaştırmalı Eğitim

AN EXAMINATION OF BIOLOGY CURRICULA IN TÜRKİYE AND IRAQ WITHIN THE SCOPE OF COMPARATIVE EDUCATION

Dalila Jabbar Salman AL-RUBAYE[1]/ Assist. Prof. Dr. Sultan ÇIKRIK[2]

[1]Gazi University, Biology Education, dalilaalrubaye44@gmail.com, https://orcid.org/0009-0007-1919-8634

[2]Gazi University, Biology Education, sultanaltunsoy@gazi.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6821-7922

Abstract

This study aims to comparatively examine the biology teaching programs of Türkiye and Iraq. The main purpose of the study is to determine the structural features, learning approaches, unit and learning outcome distributions, and assessment and evaluation methods of the biology curricula of both countries, and to reveal their similarities and differences. The study was conducted using a qualitative research approach and document analysis method. Official curriculum documents of Türkiye and Iraq were systematically examined and categorized using content analysis techniques. The findings of the study show that the biology curriculum in Türkiye is designed with a student-centered and constructivist learning approach and focuses on developing biology literacy, scientific process skills, and environmental awareness. In contrast, the Iraqi biology curriculum is more content- and subject-oriented, emphasizing practical laboratory guidance and knowledge of physiological systems. In terms of unit and learning outcome distribution, it was determined that the Turkish curriculum follows a spiral structure and the principle of gradual progression, while the Iraqi curriculum presents a more integrated and advanced content structure that covers all high school levels. The results of the study indicate that the two countries' curricula are based on different educational philosophies: while the Turkish curriculum focuses on skill development and scientific processes, the Iraqi curriculum places greater emphasis on content and the transfer of practical knowledge. These findings are expected to contribute to curriculum development studies and comparative education research.

Keywords: Türkiye, Iraq, Biology Curriculum, Comparative Education

ORTA AMERİKA FOLKLORUNDA *EL CADEJO* EFSANESİ VE KOLEKTİF BİLİNÇDIŞI

Dr. Öğr. Üyesi Nihal KALKAN YAĞCI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Batı Dilleri ve Edebiyatları Bölümü, İspanyol Dili ve Edebiyatı Ana Bilim Dalı nihalkalkan@mehmetakif.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-4382-1314

ÖZET

Halk anlatıları, insanlığın en eski deneyimlerini taşımada kendine özgü bir yayılım ve süreklilik gösterir. Toplulukların iç dünyalarını, korkularını, umutlarını ve arzularını özgürce dışa vurmasına olanak tanıyan sözlü kültür ürünleri, topluluğun yerel inançlarını yansıtırken aynı zamanda insan ruhunun bireysel yaşantılarının ötesine geçen, insanlığın ortak deneyimlerini kuşaktan kuşağa aktaran özgün yapılardır. Carl Gustav Jung'un "kolektif bilinçdışı" kavramı, bu ortak ruhsal zemini kuramsallaştırarak, farklı kültürlerdeki benzer mitolojik figürlerin ve anlatı kalıplarının neden ortaya çıktığını açıklamaya çalışır.

Orta Amerika folklorunun en dikkat çekici unsurlarından biri olan *El Cadejo* efsanesi, bu kolektif bilinçdışının somut bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Kültürel metinlerde karşımıza çıkan, koruyucu ve yardımsever beyaz *Cadejo* ile yıkıcı ve korkutucu siyah *Cadejo* figürleri, yüzeysel bir iyi-kötü karşıtlığının ötesinde, insanlığın yalnızlık, tehlike ve korunma ihtiyacı gibi evrensel deneyimlerinin mitolojik birer ifadesidir. Siyah *Cadejo,* karanlığa ve bilinmeze duyulan kadim korkunun; beyaz *Cadejo* ise bu tehlikelere karşı duyulan evrensel korunma ve rehberlik arzusunun sembolü haline gelir.

Bu çalışma, *El Cadejo* efsanesini Jung'un kolektif bilinçdışı kuramı çerçevesinde ele almayı amaçlamaktadır. Efsanedeki siyah-beyaz ikiliği, insanlığın ortak bilinçdışı katmanlarında yer alan temel deneyim kalıplarının (karanlık-aydınlık, tehlike-güvenlik, ceza-koruma) sözlü kültür aracılığıyla nasıl biçimlendiğini göstermektedir. Araştırma, *El Cadejo* efsanesinin, Orta Amerika'nın yerel tarihsel ve kültürel koşullarında şekillenmiş olmakla birlikte, özünde insan ruhunun evrensel ve ortak bir ürünü olduğunu; bu nedenle de kolektif bilinçdışının işleyişini anlamak için zengin bir örnek sunduğunu ortaya koymayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sözlü Kültür, Kolektif Bilinçdışı, *El Cadejo*, Carl Gustav Jung

THE LEGEND OF *EL CADEJO* IN CENTRAL AMERICAN FOLKLORE AND THE COLLECTIVE UNCONSCIOUS

ABSTRACT

Folk narratives exhibit a unique capacity for dissemination and continuity in carrying humanity's oldest experiences. As products of oral culture that allow communities to freely express their inner worlds, fears, hopes, and desires, they reflect local beliefs while simultaneously serving as unique structures that transcend individual lives of the human psyche, transmitting shared human experiences from generation to generation. Carl Gustav Jung's concept of the "collective unconscious" attempts to explain why similar mythological figures and narrative patterns emerge across different cultures by theorizing this common psychic ground.

As one of the most remarkable elements of Central American folklore, the legend of *El Cadejo* can be considered a tangible reflection of this collective unconscious. The figures of the protective, benevolent white *Cadejo* and the destructive, terrifying black *Cadejo* found in cultural texts are—beyond a superficial good-evil dichotomy—mythological expressions of humanity's universal experiences, such as solitude, danger, and the need for protection. The black *Cadejo* symbolizes the ancient fear of darkness and the unknown, while the white *Cadejo* represents the universal desire for protection and guidance against these dangers.

This study aims to examine the legend of *El Cadejo* within the framework of Jung's theory of the collective unconscious. The black-white duality in the legend demonstrates how fundamental experiential patterns (darkness-light, danger-safety, punishment-protection) residing in humanity's shared unconscious layers are shaped through oral culture. The research seeks to reveal that, although shaped by the local historical and cultural conditions of Central America, the legend of *El Cadejo* is essentially a universal product of the human psyche, thereby offering a rich case study for understanding the dynamics of the collective unconscious.

Keywords: Oral Culture, Collective Unconscious, *El Cadejo*, Carl Gustav Jung

1. Giriş: *El Cadejo* Efsanesi ve Özellikleri

Orta Amerika halk inanışları, bireyin ve toplumun korkularını, umutlarını ve ahlaki değerlerini özgün bir biçimle ifade etmesine imkân tanıyan, insanlığın köklü hafızasını günümüze taşıyan önemli bir kültürel mirastır. Kuşaktan kuşağa sözlü gelenekle aktarılan bu anlatılar, yalnızca geçmiş toplulukların inançlarını yansıtmakla kalmaz; aynı zamanda toplumsal düzeni pekiştiren ve yazılı olmayan ahlaki kuralların, nesiller boyunca devamlılığını sağlar. Bu köklü coğrafyanın en belirgin motiflerinden biri *El Cadejo* efsanesidir.

Orta Amerika'nın zengin sözlü kültür mirasından beslenen doğaüstü figürlerden biri olan *El Cadejo*, genellikle köpek biçiminde ortaya çıkan, özellikle gece karanlığında yalnız gezenlerin karşısına dikilen esrarengiz bir varlıktır. Efsanenin temel dayanağı, karakteristik olarak siyah ve beyaz olmak üzere iki zıt renkte ortaya çıkmasıyla yüzeysel bir iyi-kötü çatışmasının ötesinde, insan hayatına doğrudan müdahale eden iki yönlü bir gücü temsil eder. Celso Lara Figueroa'ya göre (1984: 73) *El Cadejo*, işlevsel açıdan üç temel varyant etrafında şekillenmektedir: İlk varyant, varlığı insana doğrudan saldıran kötücül bir güç olarak konumlandırırken; ikinci varyant, onu kimsesizleri ve savunmasızları koruyan mutlak koruyucu bir ruh olarak tanımlar. Üçüncü ve kolektif hafızada en kalıcı olan varyant ise varlığı doğrudan sarhoşların muhafızı rolüyle özdeşleştirir. Bu farklılık halk tasavvurunda keskin bir renk ve toplumsal cinsiyet karşıtlığıyla somutlaşır. Örneğin, yaygın bir varyantta, tehlike altındakileri koruyan "iyi" *Cadejo* dişi ve beyaz olarak kodlanırken, sarhoşları kollayan *Cadejo* ise erkek ve siyah olarak tasvir edilir. Ancak bu kodlamanın ve atfedilen işlevlerin bölgesel anlatılarda değişkenlik gösterdiğini belirtmek gerekir; Guatemala örneğinde olduğu gibi siyah *Cadejo'*ya zaman zaman koruyucu veya en azından sarhoşla özel bir bağı olan bir figür olarak da rastlanır.

Kimi yorumlarda şeytanın dünyevi bir yansıması sayılan siyah *Cadejo*, ahlaki sınırları ihlal edenleri sessizce izleyen, onları yoldan çıkarmaya çalışan ve nihayetinde ölümcül bir yaptırımla cezalandıran uğursuz bir güçtür. Bu karşıtlık, efsaneyi salt ürpertici bir gece masalı olmaktan uzaklaştırarak hayır ile şer, ilahi koruma ile cehennemi vesvese arasındaki ezeli savaşın sembolik bir yansımasına dönüştürür. Aynı zamanda bu anlatı, erdemli davranışı ödüllendiren, sapkınlığı ise yargılayan güçlü bir ahlaki caydırıcılık aracı olarak toplumun kolektif vicdanında yer eder.

El Cadejo anlatısının coğrafi yayılımı ve kökenleri incelendiğinde, yalnızca Orta Amerika'ya özgü yerel bir motif değil, aynı zamanda tarihsel bir göçün ve kültürel kaynaşmanın ürünü olduğu görülmektedir. İspanyol fatihler, beraberlerinde Avrupa folklorunda köklü bir geçmişe sahip olan hayalet köpek motifini getirmişlerdir. İspanya yerel inanışlarında geceleri ansızın beliren, gözleri ateş gibi parlayan ve tekinsiz yol kavşaklarını tutan bu karanlık varlık, çoğunlukla ölümün veya yaklaşan bir tehlikenin habercisi olarak görülmekteydi. Sömürgeleşme sürecinde bu hikâyelerin anlatılmaya devam etmesi, hayalet köpek motifinin zamanla Orta Amerika'nın kadim inanç sistemleriyle eklemlenmesine zemin hazırlamıştır. Yerli Maya ve Aztek halklarının dünyasında ise köpekler, güçlü, kutsal ve gizemli bir yere sahiptir. Bölgenin en temel halk inanışlarından biri olan *nahual* kavramı, her bireyin doğumunda kendisine eşlik eden, onunla kader birliği yapan ve koruyuculuğunu üstlenen bir hayvan ruhunun varlığına dayanır. Meksikalı araştırmacı Mercedes de la Garza, köpeğin Maya ve Nahuatl dinlerinde çok katmanlı değerlere sahip bir sembol olduğunu vurgular:

> "Köpek en önemli iki tanrıyla, Tonatiuh ve Quetzalcóatl ile ilişkilendirilir ve onların zıttını; yani karanlık, yeraltı dünyası ve ölüm yönlerini temsil eder: O, Güneş'e dönüşecek olan şekli bozuk ve hasta varlık Nanahuatzin'dir; ve Quetzalcóatl'ın ikizi ya da alter egosu [diğer benliği] olan Xólotl'dur." (De la Garza, 1997: 130)

De la Garza'nın vurguladığı üzere köpek, Orta Amerika inançlarında yalnızca göksel tanrıların karanlık ve yeraltına ait yönlerini ya da Quetzalcóatl'ın alter egosu olan Xólotl gibi mitolojik figürleri simgelemekle kalmaz; aynı zamanda insanın doğumundan ölümüne kadar her anına eşlik eden, onun kaderini paylaşan arketipsel bir koruyucu ve yoldaş olarak varlık gösterir. Aztek ve Maya inanışlarına göre ölenlerin ruhları, ölüler diyarına ulaşmak için azgın nehirleri geçmek zorundaydı; bu tehlikeli eşikte ruhları sırtına alarak karşı kıyıya güvenle ulaştıranlar ise köpeklerdir:

> "Nahualar, ruhun yeraltı dünyasının büyük nehrine vardığında kendi köpeğini bulacağına ve nehri geçmek için onun sırtına bineceğine inanırlardı. Mayalar arasında da bu inanış hem yazılı kaynaklardaki belirli verilerle hem de günümüzdeki bazı toplulukların (Tzeltaller, Tzotziller ve Lakandonlar) sürdürdüğü geleneklerle doğrulanmaktadır. Ruhu taşıyan bu köpeğin mutlaka ölen kişinin kendi köpeği olması gerekirdi; zira yol üstündeki diğer köpekler birer tehdit unsuruydu." (De la Garza, 1997: 118-119)

Dolayısıyla yerli halk, köpeklerin doğaüstü dünyayla olan bağına, rehberlik ve koruyucu rollerine sömürge öncesinde de inanmaktaydı. Bu durum, köpeğin Orta Amerika insanı için sadece gündelik hayatın bir parçası değil, yaşam ile ölüm arasındaki o tekinsiz sınırda duran arketipsel bir figür olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Sonuç olarak *El Cadejo*, İspanyol öncesi dönemin koruyucu manevi ruhları ile Avrupa folklorunun karanlık hayaletlerinin tarihsel süreçte harmanlanmasıyla şekillenmiş melez bir kültürel semboldür.

Simon Burchell, Latin Amerika genelindeki hayalet kara köpek geleneklerini incelediği *Phantom Black Dogs in Latin America*, adlı çalışmasında, efsanenin isminin kökenine dair önemli bir dilbilimsel ve morfolojik analiz sunar. Burchell, *Cadejo* isminin İspanyolca kökenli olduğunu belirterek: "*Cadejo* kelimesinin kökeninin, 'karışık saç tutamı', 'düğüm' veya 'örgü' anlamına gelen *cadillo* veya *cadejillo* kelimelerinden türediği söylenebilir" (Burchell, 2007) der. Burchell'ın tespiti, efsanenin yalnızca kavramsal olarak değil, fiziksel betimlemeler açısından da sömürgecilerin taşıdığı Avrupa kökenli korkularla bağını ortaya koymaktadır.

Efsanenin coğrafi yayılımına bakılırsa, halk anlatılarında geniş bir tasvir yelpazesine sahip olan *El Cadejo'*nun, bölgesel varyantlara göre biçim ve sayı değiştirebildiği görülmektedir. Simon Burchell (2007), Orta Amerika ülkelerinde *Cadejo*'nun hem fiziksel tasviri hem de üstlendiği işlevler açısından belirgin farklılıklar barındırdığını aktarır. Burchell'ın derlediği verilere göre, Honduras'ın başkenti Tegucigalpa ve çevresinde, klasik köpek formundan sıyrılarak bir sırtlan veya küçük bir keçi görünümünde mezarlık yollarında pusuya yatarken; komşu ülke El Salvador'da ise kurbanlarını akustik bir yanılsamayla dehşete düşüren tekinsiz bir varlık olarak öne çıkar. Salvador folklorunda *Cadejo*'nun uluması yakından geldiğinde yaratığın uzakta, uzaktan geldiğinde ise kurbanın hemen ensesinde olduğuna inanılır ve kendisine saldıran insanları bir boğa boyutuna ulaşarak felç edecek bir güçle cezalandırır. Nikaragua varyantında ise boynundaki beyaz halka (yaka) motifiyle dikkat çeken bu figür, Burchell (2007) tarafından Britanya ve İrlanda mitolojisindeki "peri köpekleri" (fairy dogs) ile kıtalararası bir paralellik içinde değerlendirilir. Kosta Rika yerel kültüründe doğaüstü varlıklar, toplumsal düzeni ve ahlaki kuralları pekiştirmek amacıyla sıkça birer metafor olarak kullanılmıştır. Burchell'ın (2007) da değindiği üzere, Kosta Rika'da *Los Cadejos* olarak çoğul bir adlandırmayla anılan bu motife, babasına saygısızlık ettiği için lanetlenerek hayvani bir forma bürünmek zorunda kalan bir insanın hikayesi uyarlanmıştır.

Ramírez Vásquez tarafından derlenen *Leyendas de Cañas Dulces* adlı çalışmada *El Cadejo'*nun anlatısı şöyle aktarılır:

> "Gece geç saatlerde biten eğlenceler için, özellikle de dans salonlarına gitmek amacıyla kasabanın dışındaki bir yere ya da şehre gitmek her zaman bir gelenek olmuştur. Bay Inocente'nin anlattığına göre kendisi her hafta sonu Liberia'ya giderdi. Yine böyle bir gün, dönüşte kendisini taşıyacak olan atını bulamadı; bu yüzden, yolculuğun süreceği dört saati önemsemeksizin yola yaya olarak devam etmek zorunda kaldı. Şüphesiz ki bu durum, gecenin geç saatinde, sağ tarafı da sol tarafı da ormanlarla kaplı bir yolda yaya ve yalnız başına gitmeyi göze alan Inocente'nin cesaretini gösteriyordu.
>
> Don Inocente'nin belirttiğine göre o gün aniden, biçim ve boyut olarak köpeğe benzeyen beyaz renkli bir hayvan karşısına çıktı. Başlangıçta bir anlığına endişeye kapılsa da ortaya çıkan bu hayvanın eşliğinde yoluna devam etti. Hayvan kimi zaman önünde durup patilerini onun göğsüne koyuyor, kimi zaman ise kızgın gibi görünerek büyük bir güçle onu yanlara doğru itiyordu. Zaman zaman adamın yüzünü yalamak istiyor, adam buna engel olduğunda ise köpek bundan hoşlanmayıp sinirleniyordu.
>
> Don Inocente'nin tuvalet ihtiyacı hissedip yürüyüşünü durdurduğu anda, hayvan da aynı şekilde durdu ve tuvaletini yaptı. Kendisini bir an bile yalnız bırakmadığı için bu fırtınalı yolculuğun saatleri uzadıkça uzadı; fakat sonunda hayvanın eşliğinde eve ulaştı. Hayvan, ona hiçbir zarar vermeden evin kapısında bıraktı.
>
> Bazıları Cadejo'nun işlevinin, gecenin geç saatlerinde yalnız olduklarında sarhoşlara eşlik edip onları tehlikelerden korumak olduğunu söyler; diğerleri ise onun, Inocente gibi gece tek başına yolculuk eden insanlara eşlik eden bir ruh olduğunu dile getirir." (Ramírez Vásquez, 2016: 262)

Bu anlatı örneği, efsanenin topluluk içinde hem bir korku unsuru hem de gece hayatının getirdiği tehlikelere karşı caydırıcı bir sosyal uyarı işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır.

Anlatının diğer bölgesel varyantlarını inceleyen Burchell (2007), Kolombiya kırsalında arkasında ağır demir zincirler sürükleyen, ağzından ateş kusan ve sülfür kokusu yayan kara köpek figürünün doğrudan Şeytan'ın yeryüzündeki tecessümü olarak kabul edildiğini aktarmaktadır. Kolombiya ve Ekvador sınırlarında ise köpek figürü, yeraltı dünyasına açılan kapılar olarak görülen büyük göllerle ve koruyucu ruhlarla ilişkilendirilir. Burchell'ın çalışmasında işaret ettiği üzere, Kolombiya'daki La Cocha Gölü'nde yaşadığına inanılan ve alnında elmas taşıyan *Carbunco* tüm yeraltı madenlerinin hâkimi olmasının yanı sıra, ormanları aşırı odun kesen insanlara karşı koruyan ekolojik bir misyon üstlenirken; Ekvador'daki Imbacucha Gölü'nde ise göldeki trajedileri ulumasıyla haber veren *Allcusacra* (Cadı Köpek) inancı varlık gösterir.

El Salvador varyantında ise *El Cadejo*, her ne kadar köpeği andırsa da geleneksel keçi toynaklı tasvirlerin aksine, geyik toynaklarına sahip olması ve bir geyik gibi hareket etmesiyle özgünleşir. Burada beyaz *Cadejo,* yalnızca volkanik bölgelerdeki çiçeklerle beslenen, sarhoşları, evsizleri ve yalnız yolcuları tekinsiz güçlerden koruyan iyiliksever bir figürdür. Buna karşın iki ayağı üzerinde durabilen, kırmızı gözlü siyah *Cadejo* ise bizzat Şeytan'la özdeşleştirilir ve insanları yanlış kararlara sürüklemeyi hedefler. (Mejía Lacayo, 2018: 79)

Bununla birlikte, *Cadejo'*nun renklerine yüklenen anlamlar yerel geleneklere göre zaman zaman değişebilmekte; bazı bölgelerde siyah figüre olumlu, beyaz figüre ise olumsuz roller atfedilebilmektedir. Fiziksel tasvirlerde genellikle kırmızı ateşli gözlere, keçi toynaklarına ve yünlü bir kürke sahip, bir ineğin boyutlarına ulaşabilen devasa bir köpek formunda ortaya çıkarlar; ancak bazı yörelerde boğayı andıran özellikler taşıdıkları da anlatılmaktadır. Anlatılara göre pek çok kişi siyah *Cadejo*'yu öldürmeye çalışmış ancak başarısız olmuş ve bu girişimleri onların sonunu getirmiştir. Bir *Cadejo* öldürülecek olursa, cesedinin günler boyunca dayanılmaz derecede kötü kokacağı ve ardından yok olacağı söylenir. *Cadejo* yaklaştığında, güçlü bir keçi kokusu yaydığına inanılır. Çoğu kişi, bu yaratığa asla sırtını dönmemek gerektiğini, aksi takdirde delirmeye mahkûm olunacağını; ayrıca *Cadejo* ile konuşmanın da deliliğe yol açacağını belirtir. (Mejía Lacayo, 2018: 78-80)

Guatemala sözlü geleneğinde de *El Cadejo* figürü özellikle alkol tüketimi ve bireysel korunma temalarıyla yakından ilişkilidir. Bu varlık, içkisini yudumlayan herkesle birliktedir ve kişi farkına varmasa bile onu takip eder. Bireyler ancak çok fazla içip sızdıklarında ve akşamdan kalmalığı geçene kadar *Cadejo*'yu görebilmektedir. Ancak *El Cadejo* koruyucu bir ruh gibi görünse de ona karşı dikkatli olunmalıdır; çünkü çok fazla ve çok sık içildiğinde *El Cadejo*, sızmış halde bulduğu kişinin ağzını yalarsa onu sonsuza dek mahvetmiş olur ve o kişi bir daha asla düzelmez. Ayrıca *El Cadejo*, ağzını yaladığı adamı dokuz gün boyunca takip etmeyi adet edinmiştir. (Lara Figueroa, 1984: 72)

Cadejo efsanesinin halk arasındaki yaygınlığını ve toplumsal işlevini en iyi şekilde yansıtan anlatılardan biri, Journal of American Folk-Lore'da kaydedilen şu ifadedir:

> "Cadejo, geceleri yollarda ve kasabaların karanlık sokaklarında ortaya çıkan, yolcuları, âşıkları ve gece dolaşanları korkutan bir canavardır. Atları ürkütür; atlar onu görünce binicilerini yere atar ve köpeklerin ulumasına neden olur. Cadejo, rengine göre siyah ya da beyaz bir köpek görünümündedir; gözleri kor gibi yanar, tüyleri uzun, yünlü ve karışıktır. Halk, bu fantastik canavarın varlığına içtenlikle inanır ve 'Me salió el cadejo' (Cadejo karşıma çıktı) ifadesini duymak oldukça yaygındır; bu deyim, bir işte başarısızlığa uğramak, bir hırsızın adalet tarafından yakalanması (ki bu Cadejo olur) vb. anlamlarında kullanılır." (Recinos, 1916: 559)

Bu betimleme, *Cadejo* efsanesinin yalnızca gece korkusunu simgeleyen doğaüstü bir anlatı olmadığını, aynı zamanda günlük dilde bir deyime dönüşerek toplumsal hayatın ayrılmaz bir parçası haline geldiğini göstermektedir. Sonuç olarak bu bölgesel çeşitlilik, sömürge sonrası Latin Amerika ahlak inşasının, yerli halkların mekân ve doğa algısının ve Avrupa kökenli dinsel korkuların kolektif hafızada nasıl harmanlandığını ortaya koymaktadır.

2. Sözlü Anlatıdan Ortak Belleğe: *El Cadejo* ve Kolektif Bilinçdışı

Folklor ve halk anlatıları, didaktik hikâyeler ve yerel eğlence unsurları olmanın yanı sıra, insanlığın ortak ruhsal serüveninin sözlü kültürdeki en somut yansımalarıdır. Dünyanın farklı coğrafyalarında ve farklı topluluklarında benzer tekinsiz figürlerin ya da koruyucu ruhların varlığı, insan zihninin evrensel işleyişinin bir kanıtı olarak değerlendirilebilir. İnsan, ruhsal dünyasını anlamlandırma çabasıyla mitler, efsaneler ve halk hikâyeleri gibi kültürel değerler üretmiş; bu süreçte zihnin görünen ve görünmeyen sınırlarını keşfetmeye çalışmıştır. İşte bu noktada halk bilimi (folklor), Carl Gustav Jung'un analitik psikoloji kuramı ve "kolektif bilinçdışı" kavramıyla doğrudan kesişmektedir.

Jung'un analitik psikoloji kuramı, insan ruhunu sadece kişisel geçmişiyle değil, evrensel bir mirasla birlikte ele alır. Jung, bilinci bireyin "ben" (ego) algısıyla temasa geçen ve farkındalık kazanan zihinsel içerikler bütünü olarak tanımlar. Buna karşın bilinçdışı, ego ile doğrudan ilişki kuramayan ve bilince ulaşmamış tüm psişik olguları içeren bir sınır alanıdır (Jung, 2016: 14-16). Bu sınır alanı iki temel katmandan oluşur: İlk katman; bireyin unutulmuş anılarının, bastırılmış acı duygularının ve eşikaltı algılarının biriktiği, rüyalarda sıklıkla "gölge" figürü olarak beliren kişisel bilinçdışıdır (Jung, 2006, s. 145).

Ancak Jung, kişisel yaşantıları kapsayan bu yapının çok daha derininde, bireysel deneyimlerden bağımsız olan, kişiötesi ve evrensel bir *kolektif (ortak) bilinçdışı* katmanının varlığını ortaya koyar (Jung, 2016: 15-16). Bu evrensel katman, fikirlerin doğrudan doğruya kendisinin değil; "ilksel simgelerin" ve bu simgeleri oluşturma olanağının kalıtım yoluyla aktarılmasından doğar (Jung, 2006, s. 145). Dünyanın farklı coğrafyalarındaki mitos ve efsane motiflerinin, tarihsel gelenek veya göçlerden bağımsız olarak şaşırtıcı biçimde aynı kalıplarla tekrarlanması da bu ortak kaynaktan ileri gelmektedir (Jung, 2016: 15-16).

Tüm insanlarda ortak olan bu yapının özünü ise insanlığın en eski evrensel düşünce biçimleri ve sezgi kalıpları sayılan "arketipler" (ilk-örnekler) oluşturur. Kuşaklar boyunca aktarılan bu ilksel şablonlar; tanrıların, şeytanların ve koruyucu ruhların barındığı kolektif bir hazine olarak kültürde ve halk anlatılarında tezahür etmeye devam eder (Jung, 2006: 145).

Sözlü kültür ve folklor, kolektif bilinçdışının soyut arketiplerini somut ve aktarılabilir unsurlara dönüştüren kültürel kanallardır. İnsan toplulukları; tarihsel, dinsel veya coğrafi değişimlerden geçseler de zihinlerinin derinliklerindeki evrensel korku ve sığınma kalıplarını birtakım sembolik kılıflarla yaşatmaya devam ederler. Nitekim *El Cadejo* efsanesinde de görüldü üzere, İspanyol fatihlerin taşıdığı Avrupa kökenli tekinsiz hayalet köpek motifleri ile Orta Amerika yerli halklarının kadim koruyucu hayvan ruhu (nahual) inancı birbiriyle bütünleşmiştir. Bu durum, farklı kültürlerin temas noktasında bile kolektif bilinçdışının aynı arketipsel ihtiyaçlar—karanlığın tehdidine karşı bir rehber ve muhafız bulma arzusu—etrafında nasıl ortak bir sembol ürettiğini açıkça göstermektedir. Dolayısıyla efsanedeki köpek figürü, yalnızca ahlaki bir öğretici değil; yaşam ile ölüm, bilinç ile bilinçdışı arasındaki tekinsiz alanda duran arketipsel bir ruh rehberi işlevi üstlenmektedir.

İşte Orta Amerika sözlü geleneğinin en köklü ürünlerinden biri olan *El Cadejo* efsanesi, kolektif bilinçdışının ve bu evrensel arketiplerin somutlaştığı çok katmanlı bir kültürel anlatı olarak karşımıza çıkar. Gece geç saatlerde yolculuk yapanları koruyan "beyaz" ve onları felakete sürükleyen "siyah" iki mistik köpek figürünü barındıran *Cadejo* efsannesi, temelde insanın kişisel sınırlarını aşan evrensel bir psikolojik dinamiğin yansımasıdır. Coğrafi sınırları aşan ve farklı kültürlerde benzer sembolik yapılarla yeniden üretilen bu efsane, insanlığın ortak hafızasındaki ışık ve karanlık çatışmasının zamansız bir izdüşümüdür.

Anlatıda yer alan temel unsurlar Jung bakış açısıyla incelendiğinde şu sonuçlar öne çıkmaktadır:

- Siyah ve Beyaz Karşıtlığı (Zihnin İki Yüzü ve "Gölge" Arketipi): Efsanedeki siyah ve beyaz *Cadejo*'nun karşıtlığı, insan zihninin en temel ayrımı olan aydınlık ve karanlık tarafların sözlü kültüre yansımasıdır. Beyaz *Cadejo*, insanlığın ortaklaşa paylaştığı "şefkat, sığınma ve güvende olma" arzusunu simgeler. Siyah *Cadejo* ise Jung'un "gölge" adını verdiği arketipin kusursuz bir örneğidir. Bireyin ruhsal bütünleşme sürecinde karşılaştığı bu ilk ve temel figür; benliğin etik, estetik veya toplumsal nedenlerle reddettiği, aşağılık bulduğu için bilincin dışına ittiği tüm ilksel, tekinsiz ve yıkıcı eğilimlerin toplamıdır (Jung, 2006: 69-71).

Gölge yalnızca bir reddediş alanı değil, ruhsal bütünlüğün kopmaz bir parçasıdır. Hem bireysel bastırmalara dayanan bir "kişisel gölge" hem de insanlığın evrensel korkularını ve ortak kötülük eğilimlerini kişileştiren bir "kolektif gölge" katmanına sahip olan bu yapı, içsel bir imge olmanın ötesinde dış dünyadaki somut nesnelere veya sembolik figürlere yansıtılarak kişileştirilir. İşte insan, kendi içindeki bu karanlık tarafla doğrudan yüzleşemediği için, onu kolektif bilinçdışının yardımıyla dışsal bir canavara, yani siyah *Cadejo*'ya dönüştürür. Bu durum, zihnin kendinden kaçma ve içsel yıkıcılığını somut bir nesneye yükleyerek onunla baş etme çabasıdır. Ancak tıpkı efsanede iki figürün bir arada var olması gibi, birey de kendi karanlığıyla yüzleşip bu gölge figürünü benliğiyle bütünleştirdikçe olgunlaşır. Siyah ve beyaz figürün bir arada bulunması, aslında insan ruhsal yapısının bu iki zıt kutup arasındaki bitmeyen arayışını ve dengelenme ihtiyacını simgelemektedir.

- Sürüklenen Zincir Sesleri (Kolektif Vicdan ve Bastırılmış Suçluluk) Anlatılarda siyah *Cadejo*'nun ayak seslerine eşlik eden ağır demir zincirlerin şangırtısı, psikolojik açıdan kolektif vicdanın ve suçluluk duygusunun sesidir. Gece yarısı ıssız patikalarda yankılanan bu ses, bireye toplumsal normları ve ahlaki sınırları ihlal ettiğini hatırlatır. Zincir sesi, insanlığın ortak hafızasındaki "kısıtlanma ve cezalandırılma" korkusunu tetikleyerek kişiyi mantık alanına geri dönmeye zorlar. Zihnin tekinsiz karanlığında yankılanan zincir şangırtısı, birey henüz suç işlemeden önce bile beliren arketipsel bir uyardır. Bu işitsel imge, dış dünyadaki toplumsal denetim ortadan kalktığında bile insanın kendi içsel yargıcıyla—yani kolektif vicdanıyla—baş başa kaldığını gösteren eşsiz bir semboldür.

- Sarhoşların Korunması ve Cezalandırılması (Zihinsel Denge ve Koruyucu Anne) *Cadejo*'nun özellikle sarhoşların etrafında belirmesi, kolektif bilinçdışının zihni dengeleme işleviyle açıklanabilir. Alkol, insanın mantıklı bilincini devre dışı bırakarak onu bilinçdışının tekinsiz ve kontrolsuz sularına fırlatır. İşte bilincin tamamen çöktüğü, bireyin kendini korumaktan aciz kaldığı bu kırılma anında efsane devreye girer: Ya insanlığın en kadim arketiplerinden biri olan ve Jung'un "iyi olan, bakıp büyüten, taşıyan... yararlı içgüdü ya da itki" (Jung, 2005: 22) olarak tanımladığı koruyucu anne figürünün bir yansıması olarak beyaz *Cadejo* formunda kolektif bir sığınak üretilir ya da siyah *Cadejo*'nun ağzını yalaması —yani akli dengeyi tamamen yitirme tehdidi— metaforuyla bir uyarı gerçekleşir. *El Cadejo*, bilincini kaybeden insanın sınırda duran ruhsal muhafızıdır. Bu tekinsiz sınırda *Cadejo*, yaşam ile ölüm, akıl ile cinnet arasındaki eşiği tutan bir "ruh rehberi" gibi hareket eder. Birey kendi iradesini kaybettiğinde, anlatı onun yerine geçerek tehlikeli arzulara ve savunmasızlığa sınır çeker.

- Gözlerin Ateş Gibi Parlaması (Ortak İzlenme Kaygısı) Yaratığın en belirgin fiziksel özelliği olan kor gibi yanan kırmızı gözler, insanlığın her an "görünmeyen bir güç tarafından izlenme ve yargılanma" şeklindeki evrensel kaygısını simgeler. Karanlıkta parlayan bu gözler, topluluktan ve kurallardan uzaklaşan bireyin üzerinde hissettiği kolektif denetimin ve toplumsal gözün simgesel bir ifadesidir. Gece ve yalnızlık insanın bastırılmış yönlerini ortaya çıkarırken, karanlığı yaran o kırmızı gözler bireye kaçamayacağı bir otoriteyi hatırlatır. Bu ateşten bakışlar, görünürde doğaüstü bir yaratığın gözleri olsa da esasında bireyin kendi içsel yargıcının ve topluluk hafızasının kişiye dikilmiş bakışlarıdır.

Dolayısıyla *El Cadejo* gibi bir figürün hem sömürgeci Avrupa'nın karanlık hayalet köpek tasvirlerinde hem de Orta Amerika'nın kadim yerli inançlarında benzer işlevlerle karşılık bulması, insanlığın ortak korku ve sığınma eğilimlerinin kolektif bir yansımasıdır. Siyah ve beyaz *Cadejo*'nun çatışması, bireyin kendi içindeki aydınlık ve karanlık tarafların, yani bastırılmış dürtüler ile toplumsal vicdanın ortak hafızadaki sözlü savaşıdır. Sözlü kültür; kolektif bilinçdışında saklanan bu soyut psikolojik gerçekleri *Cadejo*'nun tüylü bedeninde, geyik toynaklarında veya zincir şangırtılarında somutlaştırarak toplumun ve bireyin ruhsal dengesini yüzyıllar boyunca korumayı başarmıştır. Birey için "*Cadejo* ile karşılaşmak", aslında kendi iç dünyasının derinliklerinde saklanan evrensel kaygılarla kaçınılmaz bir yüzleşme anıdır.

Sonuç

Bu çalışma, Orta Amerika sözlü kültürünün en köklü anlatılarından biri olan *El Cadejo* efsanesini, Carl Gustav Jung'un analitik psikoloji kuramı temelinde inceleyerek yerel bir halk anlatısının evrensel boyutlarını ortaya koymayı amaçlamıştır.

Araştırma sonucunda, İspanyol sömürgecilerin taşıdığı Avrupa kökenli tekinsiz köpek tasvirleri ile Orta Amerika halklarının kadim koruyucu hayvan inançlarının (nahualizm) tarihsel süreçte harmanlandığı görülmüştür. Bu melez yapı, anlatının salt coğrafi veya dönemsel bir korku ögesi olmadığını; aksine, insanlığın zamandan ve mekândan bağımsız ortak ruhsal yapısından beslendiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Efsanede somutlaşan siyah ve beyaz *Cadejo* figürleri, yüzeysel bir iyi-kötü ahlakçılığının ötesinde, insan zihninin derinliklerinde yer alan arketiplerin sözlü kültürdeki birer yansımasıdır. İyiliksever beyaz *Cadejo* insanın evrensel koruma, şefkat ve sığınma arzusunu; korku salan siyah *Cadejo* ise bireyin ve toplumun bastırdığı tüm ilkel, yıkıcı ve tekinsiz dürtülerin saklandığı "gölge" arketipini simgelemektedir. Bu bağlamda, gece patikalarında duyulan zincir sesleri kolektif vicdanın somut bir yankısı, ateş saçan gözler ise her an izlenme ve denetlenme kaygısının simgesel bir ifadesi olarak anlam kazanmaktadır. Anlatının özellikle sarhoşlar ve yalnız yolcular etrafında şekillenmesi, bilincin zayıfladığı ya da çöktüğü kırılma anlarında kolektif bilinçdışının ruhsal dengeyi koruma yönündeki işleyişini doğrulamaktadır. Bu durum, *El Cadejo'*nun sadece eski zamanlardan kalan masalsı bir gece korkusu olmadığını gösterir. O, insan zihninin derinliklerinde saklanan kaygıları dışa vuran, toplumun yazısız vicdanını ayakta tutan ve insanın kendi içsel çelişkileriyle yüzleşmesini sağlayan canlı bir semboldür. Yerel bir efsane, yüzyıllar boyunca kuşaktan kuşağa aktarılırken insanlığın o zamansız ve ortak hafızasından beslenmeye devam etmiştir.

Nihayetinde *El Cadejo* efsanesi, psikolojik süreçlerin, ahlaki sınırların ve evrensel korkuların sözlü kültür aracılığıyla nasıl somutlaştığının açık bir örneğini ortaya koymaktadır. Halk anlatılarının yerel birer folklorik öge olmanın ötesinde, insan zihninin ortak işleyiş ilkelerini yansıtan epistemolojik birer kaynak olarak ele alınması; disiplinler arası bir yaklaşımla hem farklı kültürlerin mitolojik yapıları arasındaki paralellikleri saptamayı hem de insan psikolojisinin kolektif örüntülerini çözümlemeyi olanaklı kılmaktadır.

Kaynakça

Burchell, S. (2007). *Phantom black dogs in Latin America*. Heart of Albion Press.

De la Garza, M. (1997). El perro como símbolo religioso entre los mayas y los nahuas. *Estudios de Cultura Náhuatl*, *27*, 111–133.

Jung, C. G. (2005). *Dört Arketip*. Metis Yayınları. İstanbul

Jung, C. G. (2006). *Analitik psikoloji* (E. Gürol, Çev.). Payel Yayınevi.

Jung, C. G. (2016). *Analitik Psikoloji Sözlüğü*. (N. Nirven, Çev.). İstanbul. Pinhan Yayıncılık

Lara Figueroa, C. A. (1984). *Leyendas y casos de la tradición oral de la ciudad de Guatemala*. Editorial Universitaria de Guatemala.

Mejía Lacayo, J. (2018). Los mitos y leyendas de Nicaragua. *Revista de Temas Nicaragüenses*, *127*, 78–84.

Ramírez Vásquez, N. M. (2016). Leyendas de Cañas Dulces. *Káñina*, *40*(3), 253–273. https://doi.org/10.15517/rk.v40i3.30516

Recinos, A. (1916). Algunas observaciones sobre el folk-lore de Guatemala. *The Journal of American Folklore*, *29*(114), 559–566. https://doi.org/10.2307/534391

SPOR BİLİMLER FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN DİJİTAL SERBEST ZAMAN YÖNELİMLERİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Erol BAYKAN[1] - Doç. Dr. Oktay ÇOBAN[2]

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü, Spor Bilimleri /Spor Yönetimi, erol.baykan@yobu.edu.tr, 0000-0002-7429-3446

[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, oktay.coban@bozok.edu.tr, 0000-0003-2863-8754

Özet

Bu araştırmanın amacı, Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimlerini iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim ve uygulama kullanımı boyutlarında incelemek; yönelimlerin cinsiyet, yaş, öğrenim görülen bölüm, günlük dijital ortamda geçirilen süre, tercih edilen dijital platform ve serbest zamanı değerlendirme biçimine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek ve bulguları üniversite spor ve rekreasyon hizmetlerinin planlanması açısından değerlendirmektir. Betimsel nitelikte kesitsel tarama modelinde yürütülen araştırmaya, uygun örnekleme yöntemiyle belirlenen 450 öğrenci katılmıştır. Veriler, Turhan ve Tutar (2023) tarafından geliştirilen 18 maddelik Dijital Serbest Zaman Yönelimi Ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Analizlerde betimsel istatistikler, bağımsız örneklemler t-testi, tek yönlü varyans analizi ve Welch varyans analizinden yararlanılmıştır. Dijital serbest zaman yönelimi puanları cinsiyet, yaş ve öğrenim görülen bölüme göre anlamlı biçimde farklılaşmamıştır. Günlük dijital ortamda geçirilen süreye göre iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim ve toplam puanda; tercih edilen dijital platforma göre tüm alt boyutlar ve toplam puanda anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Oyun ve sosyal medya platformlarını tercih edenlerin puanları, dizi/film platformlarını tercih edenlerden daha yüksektir. Serbest zamanı değerlendirme biçimine göre iletişim, uygulama kullanımı ve toplam puanda anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Kafe, restoran ve eğlence merkezlerini tercih edenlerin iletişim ve toplam puanları diğer iki grubunkinden; uygulama kullanımı puanları ise dijital ortamı tercih edenlerinkinden daha yüksektir. Anlamlı sonuçlara ilişkin etki büyüklükleri düşük düzeydedir. Bulgular, dijital serbest zaman yöneliminin bazı davranışsal değişkenlere göre farklılaşırken incelenen demografik değişkenlere göre farklılaşmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, üniversite spor ve rekreasyon hizmetlerinde iletişim kanalları ve program duyurularının planlanmasına yönelik ön ihtiyaç verisi sunabilir; ancak doğrudan hizmet talebi veya hizmet etkililiği göstergesi olarak yorumlanmamalıdır.

Anahtar kelimeler: Dijital serbest zaman; spor yönetimi; rekreasyon hizmetleri; üniversite öğrencileri

AN ANALYSIS OF THE DIGITAL LEISURE BEHAVIORS OF STUDENTS IN THE FACULTY OF SPORTS SCIENCES

Abstract

This study examined the digital leisure orientations of Faculty of Sport Sciences students in communication, social interaction, psychological orientation, and application use; tested whether scores differed by gender, age, department, daily time spent in digital environments, preferred digital platform, and manner of spending leisure time; and evaluated the findings for planning university sport and recreation services. Using a descriptive cross-sectional survey design, data were collected from a convenience sample of 450 students using the 18-item Digital Leisure Time Tendency Scale developed by Turhan and Tutar (2023). The analyses included descriptive statistics, an independent-samples t test, one-way analysis of variance (ANOVA), and Welch's ANOVA. Scores did not differ significantly by gender, age, or department. Daily time spent in digital environments produced significant differences in communication, social interaction, psychological orientation, and total scores; preferred platform produced significant differences in all subscales and total score. Students preferring gaming and social media platforms scored higher than those preferring television series/film platforms. Manner of spending leisure time yielded significant differences in communication, application use, and total scores. Students preferring cafés, restaurants, and entertainment venues had higher communication and total scores than the other two groups, and higher application use scores than those preferring digital environments. Effect sizes were small. Digital leisure orientations differed across behavioral variables but not across the demographic variables examined. These findings may provide preliminary needs-assessment data for planning communication channels and program announcements in university sport and recreation services, but should not be interpreted as direct indicators of service demand or effectiveness.

Keywords: Digital leisure; sport management; recreation services; university students

1. GİRİŞ

Serbest zaman, bireyin temel fizyolojik ihtiyaçlarını karşıladıktan ve iş, eğitim veya ailevi sorumluluklarını yerine getirdikten sonra arta kalan, tamamen kendi özgür iradesiyle yöneldiği zaman dilimi olarak tanımlanmaktadır (Arda vd., 2021; Tiryaki, 2024). Bu zaman dilimi, bireyin kendini gerçekleştirmesi, dinlenmesi, eğlenmesi ve toplumsal bir varlık olarak sosyalleşmesi açısından hayati bir öneme sahiptir (Tiryaki, 2024). Teknolojik gelişmeler ve internet kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte geleneksel serbest zaman etkinliklerinin bir bölümü dijital mecralar üzerinden gerçekleştirilmeye başlanmıştır. (Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022; Gilanlıoğlu ve Öze, 2020). Bu süreçte literatüre kazandırılan "dijital serbest zaman" kavramı; bireylerin dijital teknolojileri kullanarak mekânsal bir sınırlama olmaksızın oyun, eğlence, sosyalleşme ve iletişim gibi amaçlarla özgürce katıldıkları etkinlikler bütünü olarak ifade edilmektedir (Er ve Cengiz, 2022).

Dijital oyunlar, günümüzde dijital serbest zaman kapsamında değerlendirilen başlıca etkinliklerden biri hâline gelmiştir (Arda vd., 2021). Bunun yanı sıra, sosyal medya platformları, bireylere içerik paylaşma, iletişim kurma ve dijital ortamda kendilerini ifade etme olanağı sunan kullanım alanları hâline gelmiştir (Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022; Gilanlıoğlu ve Öze, 2020). Bu süreç, dijital platformların tasarımı ve algoritmik yapılarının kullanıcıların serbest zaman tercihlerini ne ölçüde yönlendirdiğine ilişkin tartışmaları da beraberinde getirmiştir (Gilanlıoğlu ve Öze, 2020). Özellikle dijital araçların kontrolsüz kullanımı, zaman yönetimini olumsuz etkileyebilmekte ve dijital bağımlılık gibi riskleri ortaya çıkarabilmektedir (Tiryaki, 2024; Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022).

Serbest zaman yönetimi, rekreasyon program ve hizmetlerinin planlanması, sunulması ve değerlendirilmesiyle ilişkili bir alandır (Tower ve Zimmermann, 2016). Üniversitelerde sunulan spor ve fiziksel aktivite programlarının öğrencilere ulaştırılmasında görünürlük, erişilebilirlik ve iletişimin önemli olduğu belirtilmektedir (Radebe vd., 2025). Bu çerçevede öğrencilerin dijital serbest zaman yönelimleri, üniversite spor ve rekreasyon hizmetlerinin kalitesini veya bu hizmetlere yönelik talebi doğrudan ölçmemekle birlikte, hedef grubun dijital kullanım örüntüleri ve rekreatif ortam tercihleri hakkında ön ihtiyaç verisi sağlayabilir. Günlük dijital ortamda geçirilen süre, tercih edilen dijital platform ve serbest zamanı değerlendirme biçimine ilişkin bulgular; iletişim kanallarının, program duyurularının ve pilot uygulamaların öğrenci özellikleri dikkate alınarak planlanmasına katkı sunabilir. Bununla birlikte, bu bulgulara dayalı uygulamaların etkililiğinin katılım, devamlılık, memnuniyet ve öğrenci geribildirimi gibi göstergelerle ayrıca değerlendirilmesi gerekir.

Alanyazında dijital serbest zaman; dijital oyunlar, dijital etkinliklere katılım amaçları ve yeni medya kullanımı bağlamlarında ele alınmaktadır (Arda vd., 2021; Er ve Cengiz, 2022; Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022). Bu çalışmalar, dijital

serbest zamanın tek bir platform veya etkinlikle sınırlı olmayan çok boyutlu bir kullanım alanı olduğunu göstermektedir. Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimlerinin demografik ve davranışsal değişkenlere göre incelenmesi, bu öğrenci grubunun dijital kullanım örüntülerinin belirlenmesine ve üniversite spor ve rekreasyon hizmetleri açısından ön ihtiyaç verisi elde edilmesine katkı sağlayabilir. Bununla birlikte bu araştırmada fiziksel aktivite düzeyi, fiziksel performans, yaşam kalitesi veya mesleki gelişim ölçülmediğinden, elde edilen bulguların bu değişkenler hakkında sonuç verecek biçimde yorumlanmaması gerekir.

Bu doğrultuda araştırmanın amacı, Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimlerini iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim ve uygulama kullanımı boyutlarında incelemek; bu yönelimlerin cinsiyet, yaş, öğrenim görülen bölüm, günlük dijital ortamda geçirilen süre, tercih edilen dijital platform ve serbest zamanı değerlendirme biçimine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek ve elde edilen bulguları üniversite spor ve rekreasyon hizmetlerinin planlanması açısından değerlendirmektir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Etiği

Araştırma için 24.06.2026 tarihinde 6/129 karar sayısı ile Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulundan izin alınmıştır. Tüm katılımcılardan bilgilendirilmiş gönüllü onam alınmış, veriler anonimleştirilmiş ve yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılmıştır.

2.2. Araştırma Modeli

Bu araştırma, Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimlerini belirlemek ve elde edilen puanları kişisel ve kullanım temelli değişkenlere göre karşılaştırmak amacıyla betimsel ve karşılaştırmalı nitelikte kesitsel tarama modelinde yürütülmüştür. Tarama modeli, geçmişte veya hâlen var olan bir durumun herhangi bir müdahalede bulunulmaksızın mevcut biçimiyle incelenmesini amaçlamaktadır (Karasar, 2014). Bu araştırmada öğrencilerin dijital serbest zaman yönelimleri mevcut durumlarıyla belirlenmiş; ölçek puanları cinsiyet, yaş, öğrenim görülen bölüm, günlük dijital ortamda geçirilen süre, tercih edilen dijital platform ve serbest zamanı değerlendirme biçimine göre karşılaştırılmıştır. Kesitsel araştırmalar, belirli bir zaman kesitindeki mevcut durumun incelenmesine olanak sağlamakla birlikte, deneysel bir müdahale içermedikleri için nedensel çıkarım yapılmasını desteklememektedir (Creswell ve Creswell, 2017). Bu nedenle, bu araştırmadan elde edilen bulgular yalnızca incelenen gruplar arasındaki farklılıklar çerçevesinde yorumlanmıştır.

2.3. Araştırma Grubu

Araştırmanın ulaşılabilir evrenini, 2025–2026 eğitim-öğretim yılında Yozgat Bozok Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesine kayıtlı öğrenciler oluşturmuştur. Araştırmanın örneklemi, uygun (kolayda) örnekleme yöntemiyle ulaşılan ve araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden 450 öğrenciden oluşmuştur. Uygun örnekleme, araştırmacının kolaylıkla ulaşabildiği ve araştırmaya katılmaya istekli bireylerden veri toplanmasına dayanan olasılıksız bir örnekleme yöntemidir (Büyüköztürk vd., 2015). Araştırmaya Yozgat Bozok Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören, 18 yaş ve üzerinde olan, gönüllü katılım sağlayan ve veri toplama formunu eksiksiz dolduran öğrenciler dâhil edilmiştir. Eksik veya hatalı doldurulan formlar değerlendirme dışında bırakılmış ve analizler geçerli kabul edilen 450 form üzerinden gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların kişisel özellikleri ve dijital serbest zaman kullanım tercihlerine ilişkin dağılımlar Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Katılımcıların kişisel özellikleri ve dijital serbest zaman kullanım tercihlerine ilişkin bulgular

Değişkenler	Gruplar	n	%
Cinsiyet	Erkek	273	60,7
	Kadın	177	39,3
	Toplam	450	100
Yaş	18-20 yaş	204	45,3
	21-23 yaş	211	46,9
	24 yaş ve üzeri	35	7,8
	Toplam	450	100
Bölüm	Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği	113	25,1
	Antrenörlük	148	32,9
	Spor Yöneticiliği	189	42
	Toplam	450	100
Günlük Dijital Ortamda Geçirilen süre	1-2 saat	100	22,2
	3-4 saat	215	47,8
	5 saat ve üzeri	135	30
	Toplam	450	100
Tercih Edilen Dijital Platform	Dizi / Film Platformu	127	28,2
	Oyun Platformu	107	23,8
	Sosyal Medya Platformu	216	48
	Toplam	450	100
Serbest zamanı değerlendirme biçimi	Dijital Ortam	200	44,4
	Doğal Yaşam Alanları	135	30
	Kafe, Restoran Ve Eğlence Merkezleri	115	25,6
	Toplam	450	100

Tablo 1 incelendiğinde, araştırmaya katılan 450 öğrencinin %60,7'sinin erkek, %39,3'ünün kadın olduğu görülmektedir. Katılımcıların %46,9'u 21–23, %45,3'ü 18–20, %7,8'i ise 24 yaş ve üzerindedir. Öğrencilerin %42'si Spor Yöneticiliği, %32,9'u Antrenörlük Eğitimi ve %25,1'i Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünde öğrenim görmektedir. Günlük dijital ortamda geçirilen süre bakımından katılımcıların %47,8'i 3–4 saat, %30'u 5 saat ve üzeri, %22,2'si ise 1–2 saat grubunda yer almaktadır. Katılımcıların %48'i sosyal medya, %28,2'si dizi/film ve %23,8'i oyun platformlarını tercih

etmektedir. Serbest zamanı değerlendirme biçimine göre katılımcıların %44,4'ü dijital ortamı, %30'u doğal yaşam alanlarını, %25,6'sı ise kafe, restoran ve eğlence merkezlerini tercih etmektedir.

2.4. Veri Toplama Araçları

2.4.1. Kişisel Bilgi Formu

Kişisel Bilgi Formu, araştırmanın amacı doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu araştırma kapsamında katılımcıların cinsiyetleri, yaşları, öğrenim gördükleri bölüm, günlük dijital ortamda geçirdikleri süre, tercih ettikleri dijital platform ve serbest zamanlarını değerlendirme biçimleri analiz edilmiştir.

2.4.2. Dijital Serbest Zaman Yönelimi Ölçeği (DSZYÖ)

Araştırmada katılımcıların dijital serbest zaman yönelimlerini belirlemek amacıyla Turhan ve Tutar (2023) tarafından geliştirilen Dijital Serbest Zaman Yönelimi Ölçeği (DSZYÖ) kullanılmıştır. Ölçek 18 maddeden ve iletişim (6 madde), sosyal etkileşim (5 madde), psikolojik yönelim (4 madde) ve uygulama kullanımı (3 madde) olmak üzere dört alt boyuttan oluşmaktadır.

Ölçek maddeleri, araştırmada uygulanan çevrim içi formda 1=Hiçbir zaman, 2=Ara sıra, 3=Nadiren, 4=Çoğu zaman ve 5=Her zaman biçiminde derecelendirilmiştir. Ölçekte ters puanlanan madde bulunmamaktadır. İletişim alt boyutundan 6–30, sosyal etkileşim alt boyutundan 5–25, psikolojik yönelim alt boyutundan 4–20, uygulama kullanımı alt boyutundan 3–15 ve ölçeğin tamamından 18–90 arasında puan alınabilmektedir. Puanların yükselmesi, dijital serbest zaman yöneliminin arttığını göstermektedir.

Ölçeğin geliştirme çalışmasında gerçekleştirilen açımlayıcı faktör analizi sonucunda dört faktörlü yapının toplam varyansın %56,52'sini açıkladığı belirlenmiştir. Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen uyum değerleri (χ^2/sd=2,283; RMSEA=,045; GFI=,951; AGFI=,935; NFI=,916; CFI=,951), dört faktörlü yapının kabul edilebilir uyuma sahip olduğunu göstermiştir. Geliştirme çalışmasında Cronbach alfa katsayıları iletişim alt boyutu için α=,798, sosyal etkileşim alt boyutu için α=,789, psikolojik yönelim alt boyutu için α=,802, uygulama kullanımı alt boyutu için α=,651 ve ölçeğin tamamı için α=,839 olarak hesaplanmıştır (Turhan ve Tutar, 2023).

Bu araştırmada ölçek ve alt boyutlar için hesaplanan Cronbach alfa iç tutarlılık katsayılarının ,738 ile ,926 arasında değiştiği belirlenmiş ve ilgili sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

2.5. Veri Toplama Süreci

Araştırma verileri, etik kurul izninin alınmasının ardından Google Form üzerinden hazırlanan çevrim içi veri toplama formu aracılığıyla toplanmıştır. Veri toplama formu; katılımcı bilgilendirme ve gönüllü onam metni, Kişisel Bilgi Formu ve Dijital Serbest Zaman Yönelimi Ölçeğinden oluşmuştur. Formun bağlantısı, Yozgat Bozok Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin yer aldığı WhatsApp grupları ve öğrencilere ait kurumsal e-posta adresleri aracılığıyla paylaşılmıştır. Katılımcılar araştırmanın amacı ve kapsamı, katılımın gönüllülük esasına dayandığı, elde edilen verilerin yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağı ve gizli tutulacağı konularında bilgilendirilmiştir. Katılımcılardan bilgilendirilmiş gönüllü onam alınmış ve formu tamamlamadan önce herhangi bir gerekçe göstermeksizin araştırmadan ayrılabilecekleri açıklanmıştır. Veri toplama sürecinin sonunda formlar eksiklik ve uygunluk bakımından incelenmiş; değerlendirme ölçütlerini karşılayan 450 katılımcıya ait veriler analiz kapsamına alınmıştır.

2.6. Verilerin Analizi

Araştırma verileri IBM SPSS Statistics 27.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz öncesinde veri seti eksik değerler ve veri giriş hataları açısından incelenmiş; ölçek maddelerinde eksik değer bulunmadığı belirlenmiştir. Katılımcıların özelliklerinin değerlendirilmesinde frekans (n) ve yüzde (%); ölçek ve alt boyut puanlarının incelenmesinde ise aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler kullanılmıştır. Puanların dağılım özellikleri çarpıklık ve basıklık katsayıları üzerinden değerlendirilmiştir. Tabachnick ve Fidell'e (2013) göre bu katsayıların −1,50 ile +1,50 aralığında bulunması, dağılımın parametrik analizler açısından kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Araştırmada hesaplanan bütün çarpıklık ve basıklık katsayılarının bu sınırlar içerisinde yer alması nedeniyle ölçek ve alt boyut puanlarının yaklaşık normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Ölçek ve alt boyut puanlarının mevcut örneklemdeki iç tutarlılığı Cronbach alfa katsayısı kullanılarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Cinsiyet değişkenine göre yapılan karşılaştırmalarda bağımsız örneklemler t-testi kullanılmıştır. İkiden fazla gruptan oluşan değişkenlerde varyansların homojenliği Levene testiyle incelenmiştir. Bölüm, tercih edilen dijital platform ve serbest zamanı değerlendirme biçimi değişkenlerinde varyans homojenliği sağlandığından tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmış; anlamlı farklılık belirlenen analizlerde gruplar arasındaki farklılığın kaynağı Tukey HSD testiyle incelenmiştir. Yaş gruplarının büyüklüklerinin dengesiz olması ve psikolojik yönelim alt boyutunda varyans homojenliğinin sağlanmaması nedeniyle yaş değişkenine ilişkin karşılaştırmalarda Welch ANOVA kullanılmıştır. Günlük dijital ortamda geçirilen süre değişkeninde ölçek ve alt boyut puanlarının tamamında varyans homojenliği sağlanmadığından bu değişkene ilişkin karşılaştırmalar da Welch ANOVA ile gerçekleştirilmiştir. Anlamlı Welch ANOVA sonuçlarında gruplar arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla Games–Howell çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Gruplar arasındaki farklılıkların büyüklüğünü değerlendirmek amacıyla cinsiyet karşılaştırmalarında Cohen's *d*, ikiden fazla grubun karşılaştırıldığı analizlerde ise eta kare (η^2) katsayısı hesaplanmıştır. Cohen's d değerleri 0,20, 0,50 ve 0,80; η^2 değerleri ise ,01, ,06 ve ,14 sınırları dikkate alınarak sırasıyla küçük, orta ve büyük etki büyüklüğü şeklinde yorumlanmıştır (Cohen, 1988). Bütün analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi p<,05 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2. Dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyutlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler, dağılım özellikleri ve iç tutarlılık katsayıları

Ölçek ve Alt Boyutlar	*n*	Min.	Mak.	Ort.	SS	Çarpıklık	Basıklık	α
İletişim	450	6,00	30,00	18,92	5,26	,057	-,035	,845
Sosyal Etkileşim	450	5,00	25,00	16,55	4,47	-,123	-,059	,813
Psikolojik Yönelim	450	4,00	20,00	12,87	3,78	-,046	-,314	,816
Uygulama Kullanımı	450	3,00	15,00	9,37	3,01	,051	-,554	,738
Toplam	450	18	90	57,72	14,22	0,111	0,146	,926

Verilerin dağılım özellikleri, çarpıklık ve basıklık katsayıları üzerinden değerlendirilmiştir. Tabachnick ve Fidell'e (2013) göre bu katsayıların −1,50 ile +1,50 aralığında bulunması, dağılımın parametrik analizler açısından kabul edilebilir düzeyde olduğuna işaret etmektedir. Bu araştırmada çarpıklık katsayılarının −,123 ile ,111, basıklık katsayılarının ise −,554 ile ,146 arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen değerler dikkate alındığında, ölçek ve alt boyut puanlarının yaklaşık normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Varyansların homojenliği ise Levene testiyle ayrıca incelenmiş ve uygulanacak grup karşılaştırma testleri bu sonuçlar doğrultusunda belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Tablo 3. Cinsiyet değişkenine göre dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyut puanlarının bağımsız örneklemler t-testi sonuçları

Ölçek ve Alt Boyutlar	Cinsiyet	*n*	Ort.	SS.	*t*	*p*	Cohen's *d*
İletişim	Erkek	273	18,83	5,49	-0,484	,629	0,05
	Kadın	177	19,07	4,88			
Sosyal Etkileşim	Erkek	273	16,46	4,53	-0,515	,607	0,05
	Kadın	177	16,68	4,37			
Psikolojik Yönelim	Erkek	273	12,90	3,95	0,219	,827	0,02
	Kadın	177	12,82	3,52			

Uygulama Kullanımı	Erkek	273	9,52	3,08	1,316	,189	0,13
	Kadın	177	9,14	2,91			
Toplam	Erkek	273	57,72	15,00	-0,004	,997	0,00
	Kadın	177	57,72	12,96			

Not. Serbestlik derecesi bütün karşılaştırmalarda 448'dir. Cohen's *d* değerleri mutlak değer olarak raporlanmıştır. Levene testlerinde bütün *p* değerleri ,05'in üzerinde olduğundan eşit varyans varsayımına dayalı sonuçlar kullanılmıştır.

Tablo 3 incelendiğinde, iletişim [$t(448) = -,484$; $p = ,629$; $d = ,05$], sosyal etkileşim [$t(448) = -,515$; $p = ,607$; $d = ,05$], psikolojik yönelim [$t(448) = ,219$; $p = ,827$; $d = ,02$], uygulama kullanımı [$t(448) = 1,316$; $p = ,189$; $d = ,13$] ve ölçek toplam puanında [$t(448) = -,004$; $p = ,997$; $d = ,00$] kadın ve erkek öğrenciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Cohen's *d* değerlerinin ,00 ile ,13 arasında değişmesi, cinsiyete göre gözlenen farklılıkların oldukça düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Yaşa göre dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyut puanlarının Welch ANOVA sonuçları

Ölçek ve alt boyutlar	Yaş	*n*	Ort.	SS	Welch *F*	sd_2	*p*	η^2
İletişim	18-20 yaş[1]	204	19,21	5,35	,767	95,10	,467	,003
	21-23 yaş[2]	211	18,60	5,15				
	24 yaş ve üzeri[3]	35	19,23	5,40				
	Toplam	450	18,92	5,26				
Sosyal etkileşim	18-20 yaş[1]	204	16,91	4,40	1,822	90,96	,168	,008
	21-23 yaş[2]	211	16,12	4,30				
	24 yaş ve üzeri[3]	35	17,00	5,62				
	Toplam	450	16,55	4,47				
Psikolojik yönelim	18-20 yaş[1]	204	13,23	3,73	1,708	90,91	,187	,007
	21-23 yaş[2]	211	12,57	3,64				
	24 yaş ve üzeri[3]	35	12,63	4,77				
	Toplam	450	12,87	3,78				
Uygulama kullanımı	18-20 yaş[1]	204	9,34	3,08	1,617	92,82	,204	,009
	21-23 yaş[2]	211	9,25	2,86				

	24 yaş ve üzeri[3]	35	10,34	3,40				
	Toplam	450	9,37	3,01				
Toplam	18-20 yaş[1]	204	58,69	14,07	1,377	92,82	,257	,006
	21-23 yaş[2]	211	56,54	13,99				
	24 yaş ve üzeri[3]	35	59,20	16,17				
	Toplam	450	57,72	14,22				

Tablo 4 incelendiğinde, yaş grupları arasında iletişim [Welch F (2, 95,10)=,767; p =,467; η^2=,003], sosyal etkileşim [Welch F (2, 90,96)=1,822; p =,168; η^2=,008], psikolojik yönelim [Welch **F** (2, 90,91)=1,708; p =,187; η^2=,007], uygulama kullanımı [Welch F (2, 92,82)=1,617; p =,204; η^2=,009] ve ölçek toplam puanı [Welch F (2, 92,82)=1,377; p =,257; η^2=,006] açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. η^2 değerlerinin ,003 ile ,009 arasında değişmesi, yaş grupları arasındaki farklılıkların oldukça düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Bölüm değişkenine göre dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyut puanlarının tek yönlü varyans analizi (anova) sonuçları

Ölçek ve Alt Boyutlar	Bölüm	*n*	Ort.	SS	*F*	*p*	η^2
İletişim Faktörü	BEÖ[1]	113	19,16	5,19	,186	,831	,001
	Ant[2]	148	18,93	5,83			
	SY[3]	189	18,78	4,83			
	Toplam	450	18,92	5,26			
Sosyal Etkileşim	BEÖ[1]	113	16,58	4,52	,054	,947	,000
	Ant[2]	148	16,63	4,78			
	SY[3]	189	16,47	4,19			
	Toplam	450	16,55	4,47			
Psikolojik Yönelim	BEÖ[1]	113	13,35	3,83	1,244	,289	,006
	Ant[2]	148	12,63	3,80			
	SY[3]	189	12,78	3,73			
	Toplam	450	12,87	3,78			
Uygulama Kullanımı	BEÖ[1]	113	9,35	3,11	,102	,903	,000
	Ant[2]	148	9,30	2,97			
	SY[3]	189	9,44	3,01			

	Toplam	450	9,37	3,01			
Toplam	BEÖ[1]	113	58,43	14,50	,189	,828	,001
	Ant[2]	148	57,49	15,35			
	SY[3]	189	57,48	13,15			
	Toplam	450	57,72	14,22			

Not. BEÖ: Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Ant: Antrenörlük Bölümü, SY: Spor Yöneticiliği Bölümü. Bütün ANOVA testlerinde serbestlik dereceleri $sd_1=2$ ve $sd_2=447$'dir. Levene testlerinin tamamında $p>,05$ olduğundan varyans homojenliği varsayımı karşılanmıştır. Anlamlı ANOVA sonucu bulunmadığından çoklu karşılaştırma testi uygulanmamıştır.

Tablo 5 incelendiğinde, öğrenim görülen bölüme göre iletişim [F (2, 447)=,186; p=,831; η^2=,001], sosyal etkileşim [F (2, 447)=,054; p =,947; η^2=,000], psikolojik yönelim [F (2, 447) =1,244; p =,289; η^2=,006], uygulama kullanımı [F (2, 447) =,102; p =,903; η^2=,000] ve ölçek toplam puanı [F (2, 447)=,189; p =,828; η^2=,001] açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. η^2 değerlerinin ,000 ile ,006 arasında değişmesi, bölümler arasındaki farklılıkların oldukça düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Günlük dijital ortamda geçirilen süre değişkenine göre dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyut puanlarının Welch ANOVA sonuçları

Ölçek ve alt boyutlar	Günlük dijital süre	*n*	Ort.	SS	Welch *F*	sd_2	*p*	η^2	Anlamlı fark
İletişim	1–2 saat[1]	100	17,66	6,11	5,610	222,49	,004	,028	3>1; 3>2
	3–4 saat[2]	215	18,77	4,67					
	5 saat ve üzeri[3]	135	20,10	5,26					
	Toplam	450	18,92	5,26					
Sosyal Etkileşim	1–2 saat[1]	100	14,90	5,06	9,475	222,70	<,001	,050	2>1; 3>1
	3–4 saat[2]	215	16,61	3,91					
	5 saat ve üzeri[3]	135	17,67	4,49					
	Toplam	450	16,55	4,47					
Psikolojik Yönelim	1–2 saat[1]	100	12,02	4,39	7,491	219,90	<,001	,037	3>1; 3>2
	3–4 saat[2]	215	12,61	3,27					
	5 saat ve üzeri[3]	135	13,92	3,86					
	Toplam	450	12,87	3,78					

Uygulama Kullanımı	1–2 saat[1]	100	8,84	3,23	2,347	229,29	,098	,012	—
	3–4 saat[2]	215	9,38	2,79					
	5 saat ve üzeri[3]	135	9,76	3,16					
	Toplam	450	9,37	3,01					
Ölçek Toplam Puanı	1–2 saat[1]	100	53,42	16,82	7,883	218,36	<,001	,041	3>1; 3>2
	3–4 saat[2]	215	57,38	12,15					
	5 saat ve üzeri[3]	135	61,45	14,31					
	Toplam	450	57,72	14,22					

Not. Gruplar arasındaki farklılıklar Welch ANOVA ile incelenmiş, anlamlı farklılıkların kaynağı Games–Howell çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir. Tüm analizlerde sd_1=2'dir. η^2=eta kare etki büyüklüğü.

Tablo 6 incelendiğinde, günlük dijital ortamda geçirilen süreye göre iletişim [Welch $F(2, 222,49)=5,610$; p=,004; η^2=,028], sosyal etkileşim [Welch F (2, 222,70) = 9,475; p<,001; η^2=,050], psikolojik yönelim [Welch $F(2, 219,90)=7,491$; p<,001; η^2=,037] ve ölçek toplam puanı [Welch $F(2, 218,36)=7,883$; p<,001; η^2=,041] açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Games–Howell testi sonucunda, günlük dijital ortamda 5 saat ve üzerinde zaman geçiren öğrencilerin iletişim, psikolojik yönelim ve ölçek toplam puanlarının hem 1–2 saat hem de 3–4 saat grubundaki öğrencilerin puanlarından anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Sosyal etkileşim alt boyutunda ise 3–4 saat ile 5 saat ve üzeri gruplarındaki öğrencilerin puanları, 1–2 saat grubundaki öğrencilerin puanlarından anlamlı düzeyde yüksektir. Uygulama kullanımı alt boyutunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır [Welch $F(2, 229,29)=2,347$; p=,098; η^2=,012]. Hesaplanan η^2 değerleri, farklılıkların düşük etki büyüklüğünde olduğunu göstermektedir.

Tablo 7. Tercih edilen dijital platform değişkenine göre dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyut puanlarının tek yönlü varyans analizi (anova) sonuçları

Ölçek ve alt boyutlar	Tercih edilen dijital platform	*n*	Ort.	SS	*F*	*p*	η^2	Anlamlı fark
İletişim	Dizi, film platformu[1]	127	17,46	5,67	7,003	,001	,030	2>1; 3>1
	Oyun platformu[2]	107	19,52	4,78				
	Sosyal medya platformu[3]	216	19,49	5,09				
	Toplam	450	18,92	5,26				
Sosyal Etkileşim	Dizi, film platformu[1]	127	14,98	4,62	12,059	<,001	,051	2>1; 3>1
	Oyun platformu[2]	107	16,77	4,09				
	Sosyal medya platformu[3]	216	17,36	4,33				
	Toplam	450	16,55	4,47				

Psikolojik Yönelim	Dizi, film platformu[1]	127	11,73	3,56	8,652	<,001	,037	2>1; 3>1
	Oyun platformu[2]	107	13,56	3,94				
	Sosyal medya platformu[3]	216	13,20	3,70				
	Toplam	450	12,87	3,78				
Uygulama Kullanımı	Dizi, film platformu[1]	127	8,65	2,89	5,138	,006	,022	2>1; 3>1
	Oyun platformu[2]	107	9,66	3,14				
	Sosyal medya platformu[3]	216	9,65	2,96				
	Toplam	450	9,37	3,01				
Ölçek Toplam Puanı	Dizi, film platformu[1]	127	52,83	14,66	10,913	<,001	,047	2>1; 3>1
	Oyun platformu[2]	107	59,51	13,45				
	Sosyal medya platformu[3]	216	59,70	13,69				
	Toplam	450	57,72	14,22				

Not. Anlamlı farklılıkların kaynağı Tukey HSD testiyle belirlenmiştir. Tüm analizlerde sd_1=2 ve sd_2=447'dir. η^2=eta kare etki büyüklüğü.

Tablo 7 incelendiğinde, tercih edilen dijital platforma göre iletişim [F (2, 447)=7,003; p=,001; η^2=,030], sosyal etkileşim [F (2, 447)=12,059; p<,001; η^2=,051], psikolojik yönelim [F (2, 447)=8,652; p<,001; η^2=,037], uygulama kullanımı [F (2, 447)=5,138; p=,006; η^2=,022] ve ölçek toplam puanı [F(2, 447) = 10,913; p<,001; η^2=,047] açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Tukey HSD testi sonucunda, oyun ve sosyal medya platformlarını tercih eden öğrencilerin bütün alt boyutlar ile ölçek toplam puanlarının dizi ve film platformunu tercih eden öğrencilerin puanlarından anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Oyun platformu ile sosyal medya platformunu tercih eden öğrenciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Hesaplanan η^2 değerleri, farklılıkların düşük etki büyüklüğünde olduğunu göstermektedir.

Tablo 8. Serbest zamanı değerlendirme biçimi değişkenine göre dijital serbest zaman yönelimi ölçeği ve alt boyut puanlarının tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Ölçek ve Alt Boyutlar	Serbest Zamanı Değerlendirme	*n*	Ort.	SS	*F*	*p*	η^2	Anlamlı Fark
İletişim	Dijital ortam[1]	200	18,45	5,55	6,464	,002	,028	3 > 1; 3 > 2
	Doğal yaşam alanları[2]	135	18,36	4,93				
	Kafe, restoran ve eğlence merkezleri[3]	115	20,43	4,84				

	Toplam	450	18,92	5,26				
Sosyal etkileşim	Dijital ortam[1]	200	16,58	4,63	2,761	,064	,012	—
	Doğal yaşam alanları[2]	135	15,92	4,27				
	Kafe, restoran ve eğlence merkezleri[3]	115	17,24	4,33				
	Toplam	450	16,55	4,47				
Psikolojik yönelim	Dijital ortam[1]	200	12,79	3,98	1,607	,202	,007	—
	Doğal yaşam alanları[2]	135	12,56	3,44				
	Kafe, restoran ve eğlence merkezleri[3]	115	13,39	3,80				
	Toplam	450	12,87	3,78				
Uygulama kullanımı	Dijital ortam[1]	200	9,01	3,11	3,965	,020	,017	3 > 1
	Doğal yaşam alanları[2]	135	9,39	2,91				
	Kafe, restoran ve eğlence merkezleri[3]	115	9,99	2,88				
	Toplam	450	9,37	3,01				
Toplam	Dijital ortam[1]	200	56,82	14,96	4,377	,013	,019	3 > 1; 3 > 2
	Doğal yaşam alanları[2]	135	56,22	13,05				
	Kafe, restoran ve eğlence merkezleri[3]	115	61,05	13,78				
	Toplam	450	57,72	14,22				

Not. Anlamlı farklılıkların kaynağı Tukey HSD testiyle belirlenmiştir. Tüm analizlerde sd_1=2 ve sd_2=447'dir. η^2=eta kare etki büyüklüğü.

Tablo 8 incelendiğinde, serbest zamanı değerlendirme biçimine göre iletişim alt boyutu [F (2, 447) = 6,464; p = ,002; η^2 = ,028], uygulama kullanımı alt boyutu [F (2, 447) = 3,965; p = ,020; η^2 = ,017] ve ölçek toplam puanında [F (2, 447) = 4,377; p = ,013; η^2 = ,019] istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Tukey testi sonuçlarına göre serbest zamanını kafe, restoran ve eğlence merkezlerinde değerlendiren öğrencilerin iletişim ve ölçek toplam puanları, dijital ortamı ve doğal yaşam alanlarını tercih eden öğrencilerin puanlarından anlamlı düzeyde yüksektir. Uygulama kullanımı alt boyutunda ise

kafe, restoran ve eğlence merkezlerini tercih eden öğrencilerin puanları, dijital ortamı tercih eden öğrencilerin puanlarından anlamlı düzeyde yüksektir. Sosyal etkileşim [F (2, 447) = 2,761; p = ,064] ve psikolojik yönelim [F (2, 447) = 1,607; p = ,202] alt boyutlarında ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır. Anlamlı farklılıklara ilişkin etki büyüklüklerinin düşük düzeyde olduğu görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Araştırmada iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim, uygulama kullanımı ve ölçek toplam puanı açısından kadın ve erkek öğrenciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Cohen's d değerlerinin 0,00 ile 0,13 arasında değişmesi, bu örneklemde cinsiyete göre gözlenen farklılıkların oldukça düşük düzeyde kaldığını göstermektedir. Arda vd. (2021), dijital oyun tercihleri ve kullanım biçimlerinin cinsiyete göre farklılaşabildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışma dijital oyunlara odaklanırken mevcut araştırmada kullanılan ölçek iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim ve uygulama kullanımı gibi farklı boyutları birlikte değerlendirmektedir (Turhan ve Tutar, 2023). Bu nedenle iki araştırmanın sonuçlarının doğrudan karşılaştırılması sınırlıdır. Dijital araçların üniversite öğrencilerinin serbest zaman pratiklerinde yaygın bir yer tuttuğu önceki çalışmalarda da belirtilmektedir (Gilanlıoğlu ve Öze, 2020; Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022). Mevcut bulgular, incelenen örneklemde cinsiyetin dijital serbest zaman yönelimi puanları bakımından ayırt edici bir değişken olmadığını düşündürmektedir. Ancak cinsiyete göre anlamlı farklılık bulunmaması, kadın ve erkek öğrencilerin dijital araçları aynı amaçlarla kullandığını veya benzer kullanım motivasyonlarına sahip olduğunu göstermemektedir. Bu nedenle dijital serbest zaman yönelimlerinin değerlendirilmesinde cinsiyetin yanı sıra günlük kullanım süresi ve platform tercihi gibi davranışsal özelliklerin de dikkate alınması daha kapsamlı bir değerlendirme sağlayabilir.

Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim, uygulama kullanımı ve ölçek toplam puanları yaş gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaşmamıştır. η^2 değerlerinin ,003 ile ,009 arasında değişmesi, yaş grupları arasında gözlenen puan farklılıklarının bu örneklemde oldukça düşük düzeyde kaldığını göstermektedir. Alan yazında dijital araçların ve yeni medya ortamlarının genç bireylerin serbest zaman pratiklerinde yaygın bir yer edindiği belirtilmektedir (Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022; Tiryaki, 2024). Bu durum, dijital serbest zaman etkinliklerinin farklı yaş gruplarındaki üniversite öğrencileri açısından ortak bir etkinlik alanı oluşturabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, mevcut araştırmada yaş grupları arasında anlamlı farklılık bulunmaması, öğrencilerin dijital araçları aynı amaçlarla veya benzer biçimlerde kullandığını göstermemektedir. Ayrıca araştırmadaki yaş aralığının sınırlı olması ve 24 yaş ve üzeri grubun diğer gruplara göre daha az katılımcı içermesi, yaşa bağlı olası farklılıkların belirlenmesini ve bulguların daha geniş yaş gruplarına genellenmesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle bulgular, yaşın dijital serbest zaman yönelimi üzerinde etkisiz olduğu biçiminde değil, yalnızca incelenen yaş grupları arasında anlamlı bir puan farklılığı belirlenmediği şeklinde yorumlanmalıdır. Daha geniş yaş aralıklarını kapsayan ve yaş gruplarının dengeli dağıldığı örneklemlerle yapılacak araştırmalar, dijital serbest zaman yönelimlerinin yaşa bağlı olarak değişip değişmediğinin daha kapsamlı değerlendirilmesini sağlayabilir.

Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimi puanları, öğrenim gördükleri bölüme göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaşmamıştır. η^2 değerlerinin ,000 ile ,006 arasında değişmesi, bölüm grupları arasında gözlenen puan farklılıklarının oldukça düşük düzeyde kaldığını göstermektedir. Alanyazında dijital teknolojilerin üniversite öğrencilerinin serbest zaman etkinliklerinde yaygın biçimde kullanıldığı belirtilmektedir (Gilanlıoğlu ve Öze, 2020; Yılmaz ve Yapar Gönenç, 2022). Bununla birlikte, mevcut araştırmada akademik müfredat, fiziksel aktivite gereksinimi, zihinsel yorgunluk, sosyal çevre ve dijital kullanım amacı ölçülmemiştir. Bu nedenle bölümler arasında anlamlı farklılık bulunmaması, söz konusu özelliklerin benzerliğine bağlanamaz. Bulgular yalnızca bu örneklemde Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği, Antrenörlük Eğitimi ve Spor Yöneticiliği öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimi puanlarının anlamlı biçimde farklılaşmadığını ve öğrenim görülen bölümün puanları ayırt eden bir değişken olmadığını göstermektedir. Ancak bu sonuç, farklı bölümlerdeki öğrencilerin dijital araçları aynı amaçlarla kullandığını, benzer kullanım motivasyonlarına sahip olduğunu veya öğrenim görülen bölümün dijital serbest zaman yönelimi üzerinde genel olarak etkisiz olduğunu kanıtlamamaktadır.

Günlük dijital ortamda geçirilen süreye göre iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim ve ölçek toplam puanında anlamlı farklılıklar belirlenirken uygulama kullanımı alt boyutunda anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Games–Howell testi sonuçlarına göre günlük 5 saat ve üzerinde dijital ortamda zaman geçiren öğrencilerin iletişim, psikolojik yönelim ve ölçek toplam puanları, 1–2 saat ve 3–4 saat gruplarından daha yüksektir. Sosyal etkileşim puanlarının ise 3–4 saat ile 5 saat ve üzeri gruplarında 1–2 saat grubundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu sonuçlar bütün alt boyutlarda

düzenli ve doğrusal bir artış bulunduğu anlamına gelmemektedir. Ayrıca η^2 değerlerinin ,028 ile ,050 arasında değişmesi, belirlenen farklılıkların düşük etki büyüklüğünde kaldığını göstermektedir. Alan yazında dijital serbest zaman etkinliklerine katılımın oyun, eğlence, sosyalleşme ve iletişim gibi farklı amaçlar taşıyabildiği belirtilmektedir (Er ve Cengiz, 2022). Yurdigül ve Zinderen (2015) Facebook oyunlarını bir serbest zaman ve eğlence aracı olarak ele alırken Kart (2014), interneti farklı serbest zaman etkinliklerini bir araya getiren çoklu bir tüketim alanı olarak değerlendirmiştir. Benzer şekilde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin serbest zaman etkinliklerinin geleneksel mekân sınırlarının dışında gerçekleştirilmesine olanak sağladığı belirtilmektedir (Sintas vd., 2015). Bu çalışmalar, dijital serbest zamanın tek bir kullanım amacıyla sınırlandırılamayan çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Nitekim Turhan ve Tutar (2023) da dijital serbest zaman yönelimini iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim ve uygulama kullanımı olmak üzere dört farklı boyutta ele almıştır.

Bu çerçevede, mevcut araştırmada 5 saat ve üzeri kullanım grubunun iletişim, psikolojik yönelim ve ölçek toplam puanlarının daha yüksek bulunması, günlük dijital kullanım süresi ile bazı dijital serbest zaman yönelimlerinin birlikte farklılaştığını göstermektedir. Ancak araştırmanın kesitsel yapısı nedeniyle, kullanım süresinin bu yönelimleri artırdığı veya yüksek dijital yönelimin kullanım süresini uzattığı sonucuna ulaşılamaz. Benzer şekilde, psikolojik yönelim puanının daha yüksek olması öğrencilerin dijital ortamları psikolojik bir sığınak veya temel iletişim kaynağı olarak gördüklerini tek başına kanıtlamamaktadır. Uygulama kullanımı alt boyutunda anlamlı farklılık bulunmaması ise yalnızca bu alt boyutta yer alan maddelere ilişkin puanların süre gruplarına göre farklılaşmadığını göstermektedir; öğrencilerin aynı uygulamaları kullandığı veya kullanım pratiklerinin standartlaştığı şeklinde yorumlanmamalıdır.

Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin dijital serbest zaman yönelimi puanlarının tercih edilen dijital platforma göre farklılaştığı belirlenmiştir. Oyun ve sosyal medya platformlarını tercih eden öğrencilerin iletişim, sosyal etkileşim, psikolojik yönelim, uygulama kullanımı ve ölçek toplam puanları, dizi ve film platformlarını tercih eden öğrencilerin puanlarından anlamlı düzeyde daha yüksektir. Buna karşılık oyun ve sosyal medya platformlarını tercih eden öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Alanyazında sosyal medya platformlarının iletişim ve içerik paylaşımına, özellikle çok oyunculu dijital oyunların ise etkileşim ve rekabete olanak sağlayabildiği belirtilmektedir (Arda vd., 2021; Er ve Cengiz, 2022; Gilanlıoğlu ve Öze, 2020). Bu özellikler, oyun ve sosyal medya gruplarında belirlenen yüksek puanların yorumlanmasında dikkate alınabilecek bir bağlam sunmaktadır. Bununla birlikte, mevcut araştırmada platformların aktif veya pasif kullanım biçimleri, kullanım amaçları, içerik üretme davranışları, ödül mekanizmaları ve algoritmik yönlendirme süreçleri ölçülmemiştir. Bu nedenle gruplar arasındaki farklılıklar doğrudan platformların etkileşim özelliklerine veya kullanıcıların aktif katılım düzeylerine bağlanamaz. Ayrıca η^2 değerlerinin ,022 ile ,051 arasında değişmesi, tercih edilen platforma göre belirlenen farklılıkların düşük etki büyüklüğünde kaldığını göstermektedir. Bulgular, yalnızca incelenen örneklemde tercih edilen platform gruplarının dijital serbest zaman yönelimi puanlarının farklılaştığını göstermektedir.

Serbest zamanı değerlendirme biçimine ilişkin bulgular, daha yüksek dijital serbest zaman yönelimi puanlarının yalnızca dijital ortamı tercih eden öğrencilerle sınırlı olmadığını göstermektedir. Serbest zamanını kafe, restoran ve eğlence merkezlerinde değerlendiren öğrencilerin iletişim ve ölçek toplam puanlarının dijital ortamı ve doğal yaşam alanlarını tercih eden öğrencilerden; uygulama kullanımı puanlarının ise dijital ortamı tercih edenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yüz yüze sosyal ortamların dijital etkinliklerin karşıtı olarak değerlendirilmemesi gerektiğine ve fiziksel ortam tercihleri ile dijital kullanım eğilimlerinin bir arada bulunabileceğine işaret etmektedir. Nitekim Makhathini ve Kanosvamhira (2026), üniversite yerleşkelerindeki kafelerin öğrencilerin bir araya gelmesine, sosyal etkileşim kurmasına ve aidiyet geliştirmesine olanak sağlayan sosyal mekânlar olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, mevcut araştırmada öğrencilerin dijital uygulamaları hangi ortamlarda ve hangi amaçlarla kullandıkları ölçülmediğinden, kafe, restoran ve eğlence merkezlerini tercih eden öğrencilerin yüksek puanlarının bu mekânlarda gerçekleştirilen dijital kullanımdan kaynaklandığı ileri sürülemez. Lee ve Houston (2024), yeme-içme mekânları ve diğer üçüncü mekânların üniversite öğrencileri tarafından psikolojik açıdan destekleyici ve yenileyici ortamlar olarak algılanabildiğini bildirmiştir. Buna karşılık mevcut araştırmada psikolojik yönelim ve sosyal etkileşim alt boyutlarında anlamlı farklılık bulunmaması, serbest zaman ortamı tercihinin dijital yönelimin bütün boyutlarında aynı şekilde karşılık bulmadığını göstermektedir. Anlamlı farklılıklara ilişkin etki büyüklüklerinin düşük olması (η^2=,017–,028), serbest zamanı değerlendirme biçimine göre gözlenen grup farklılıklarının sınırlı düzeyde kaldığını göstermektedir. Bu nedenle bulgular, ortam tercihleri ile dijital yönelimlerin birlikte farklılaşabildiğini gösteren sınırlı bir örüntü olarak değerlendirilmelidir.

5. SONUÇ

Araştırmada dijital serbest zaman yönelimi puanlarının cinsiyet, yaş ve öğrenim görülen bölüme göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı; günlük dijital ortamda geçirilen süre, tercih edilen dijital platform ve serbest zamanı değerlendirme biçimine göre ise bazı alt boyutlarda ve ölçek toplam puanında farklılaştığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, anlamlı sonuçlara ilişkin etki büyüklüklerinin düşük düzeyde olması, belirlenen grup farklılıklarının sınırlı olduğunu göstermektedir. Bulgular, üniversite spor ve rekreasyon hizmetleri açısından doğrudan bir hizmet talebi veya hizmet etkililiği göstergesi değil, öğrencilerin dijital kullanım ve rekreatif ortam tercihlerine ilişkin ön bilgi niteliğindedir.

Yönetimsel açıdan değerlendirildiğinde, cinsiyet, yaş ve öğrenim görülen bölüme göre anlamlı farklılık bulunmaması, bu örneklem için demografik gruplara göre bütünüyle ayrı hizmet politikaları geliştirmekten çok fakülte genelini kapsayan ortak bir iletişim ve programlama çerçevesinin başlangıçta daha işlevsel olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaması grupların bütünüyle eşdeğer olduğunu kanıtlamamaktadır. Günlük dijital kullanım süresi ve platform tercihine ilişkin farklılıklar ise demografik gruplamanın yanında davranış temelli gruplamanın da dikkate alınabileceğine işaret etmektedir. Oyun ve sosyal medya platformlarını tercih eden öğrencilerin daha yüksek dijital yönelim puanlarına sahip olması, üniversite spor ve rekreasyon birimlerinin program duyurularında etkileşimli dijital kanalları pilot olarak kullanması için başlangıç verisi sağlayabilir. Ancak araştırmada hizmetlere katılım, hizmet memnuniyeti veya iletişim kampanyalarının etkililiği ölçülmediğinden, uygulanacak programların sonuçlarının katılım ve geribildirim göstergeleriyle ayrıca izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Serbest zamanı değerlendirme biçimine ilişkin bulgular, rekreatif ortam tercihlerinin üniversite spor ve rekreasyon hizmetlerinin planlanmasında yardımcı bir ön veri olarak değerlendirilebileceğine işaret etmektedir. Ancak bu değişken doğrudan hizmet talebini veya hizmetlerden memnuniyeti ölçmediğinden, bulguların kesin bir hizmet modeli şeklinde yorumlanmaması gerekir.

6. ÖNERİLER

Üniversitelerin spor ve rekreasyon birimleri, program ve etkinlik duyurularında öğrencilerin yoğun olarak kullandığı sosyal medya ve etkileşimli dijital kanallardan yararlanabilir. Fakülte genelini kapsayan ortak bir iletişim stratejisi oluşturulurken, dijital ortamda daha uzun süre geçiren öğrencilere yönelik yüz yüze ve dijital katılımı birlikte içeren rekreasyon programları pilot olarak uygulanabilir. Bu uygulamaların etkililiği; programa katılım, devamlılık, memnuniyet ve öğrenci geribildirimi gibi göstergelerle izlenebilir. Gelecek araştırmalarda öğrenci verilerinin spor ve rekreasyon birimi yöneticilerinin görüşleriyle birleştirilmesi, dijital yönelimlerin kurumsal hizmet planlamasına nasıl aktarılabileceğinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesini sağlayabilir.

7. SINIRLILIKLAR

Araştırmanın tek bir üniversitenin Spor Bilimleri Fakültesinde ve uygun örnekleme yöntemiyle yürütülmesi, bulguların farklı üniversite ve öğrenci gruplarına genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Verilerin öz bildirime dayalı olarak ve tek bir zaman kesitinde toplanması, bulgulardan nedensel çıkarımlar yapılmasına olanak vermemektedir. Ayrıca araştırmada kullanılan uygulama formunda sıklık temelli yanıt kategorileri yer alırken ölçeğin yayımlanmış geliştirme çalışmasında katılma derecesine dayalı yanıt kategorileri açıklanmıştır (Turhan ve Tutar, 2023). Yanıt kategorileri arasındaki bu farklılık, mevcut bulguların ölçeğin özgün geliştirme çalışmasındaki bulgularla doğrudan karşılaştırılabilirliğini sınırlandırabilir.

Serbest zamanı değerlendirme biçimi, geniş kategoriler ve katılımcıların beyan ettikleri temel tercihler üzerinden incelenmiştir. Bu etkinliklere katılım sıklığı, katılım süresi ve tercih nedenleri ölçülmediğinden, elde edilen bulgular öğrencilerin hizmet taleplerinin veya rekreatif katılım düzeylerinin doğrudan göstergesi olarak yorumlanmamalıdır.

KAYNAKLAR

Arda, Ü., Kaya, R., ve Çakır, V. O. (2021). Serbest zaman etkinliği olarak dijital oyunlar ve toplumsal cinsiyet. OPUS–Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 17(38), 5791-5818. https://doi.org/10.26466/opus.748560

Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş., & Çakmak, E. K. (2015). *Bilimsel araştırma yöntemleri.* Pegem Akademi.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Creswell, J. W., ve Creswell, J. D. (2017). Research design: *Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Er, B., ve Cengiz, R. (2022). Dijital serbest zaman etkinliklerine katılım amaçları: Ölçek geliştirme çalışması. *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi, 3*(3), 11-28.

Gilanlıoğlu, E., ve Öze, N. (2020). Dijital tüketim kültürünün hegemonyası ve serbest zaman. *IAU International Journal of New Media, 4*(3), 185-202. https://doi.org/10.17932/IAU.EJNM.25480200.2020/ejnm_v4i3004

Karasar, N. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler* (27. bs.). Nobel Akademik Yayıncılık.

Kart, E. (2014). Boş zamanın çoklu tüketim mekânı olarak internet ve yeni yaşam tarzlarının inşası. Global Media Journal: *TR Edition, 5*(9), 180-218.

Lee, N., & Houston, D. (2024). The perceived psychological benefits of third places for university students before and after COVID-19 lockdowns. *Cities, 153*, 105299. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105299

Makhathini, S. M., & Kanosvamhira, T. P. (2026). Cafés of connection: Exploring the social role of third places in Global South universities. *South African Geographical Journal, 108*(1), 2481859. https://doi.org/10.1080/03736245.2025.2481859

Radebe, S. S., Breukelman, G. J., Joubert, A. S., ve Millard, L. (2025). Student perceptions on enhancing the delivery of physical activity programs in a semi-rural university. *Frontiers in Sports and Active Living, 7*, 1627202. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1627202

Sintas, J. L., De Francisco, L. R., ve Álvarez, E. G. (2015). The nature of leisure revisited: An interpretation of digital leisure. *Journal of Leisure Research, 47*(1), 79-101. https://doi.org/10.1080/00222216.2015.11950352

Tabachnick, B. G., ve Fidell, L. S. (2013*). Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson.

Tiryaki, A. İ. (2024). *Serbest Zaman Değerlendirme Alışkanlıkları Bağlamında Dijital Bağımlılık ve Asosyallik İlişkisi* (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).

Tower, J., ve Zimmermann, J. A. (2016). Setting the scene for the *World Leisure Journal* special edition on leisure management. *World Leisure Journal, 58*(1), 3–11. https://doi.org/10.1080/16078055.2015.1133772

Turhan, F. H., ve Tutar, Ö. F. (2023). Digital leisure time tendency scale: Validity and reliability study. *Journal of Education and Recreation Patterns, 4*(2), 467–478. https://doi.org/10.53016/jerp.v4i2.166

Yılmaz, S., ve Yapar Gönenç, A. (2022). Yeni medya ve serbest zaman ilişkisi üzerine bir araştırma. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (KOSBED), 2*(44), 97-112. https://doi.org/10.35343/kosbed.1105901

Yurdigül, A. ve Zinderen, İ. E. (2015). Yeni kapitalizmin boş zaman ve eğlence aracı olarak Facebook oyunları. *Tarih Okulu Dergisi (Journal of History School), 8*(24), 253-265

THE PRAGMA-COGNITIVE NATURE OF INDIRECT SPEECH ACTS IN ENGLISH AND UZBEK: EVIDENCE FROM INTERROGATIVE AND IMPERATIVE CONSTRUCTIONS

Islomov Odil Olim o'g'li
Gulistan State University

Abstract

This article investigates the pragma-cognitive nature of indirect speech acts in English and Uzbek, focusing on interrogative and imperative constructions as the two syntactic forms most frequently exploited for indirect directive meaning. While Speech Act Theory, as formulated by Austin and Searle, accounts for the illocutionary mismatch between sentence form and communicative function, it does not by itself explain how hearers resolve this mismatch in real time. The present study therefore integrates classical Speech Act Theory with cognitive-pragmatic models of utterance interpretation, including the Gricean inferential model, the Direct Access account, the Graded Salience Hypothesis, and Relevance Theory, in order to examine the cognitive mechanisms underlying the comprehension of indirect interrogatives and imperatives. Drawing on a qualitative comparative corpus of English and Uzbek dialogic material, the article demonstrates that although both languages rely on inferential processing to recover indirect directive meaning, the cognitive load and the degree of conventionalization associated with this processing differ systematically between the two languages. Uzbek imperative and interrogative constructions frequently carry conventionalized honorific and optative marking that reduces reliance on effortful pragmatic inference, whereas English indirect directives depend more heavily on modal hedging and context-driven implicature. The findings suggest that the cognitive economy of indirect speech act comprehension is shaped not only by universal pragmatic principles but also by the degree to which a language grammaticalizes politeness and indirectness. Implications for translation, second language pragmatics instruction, and models of cross-linguistic pragmatic processing are discussed.

Keywords: *indirect speech acts; cognitive pragmatics; interrogative constructions; imperative constructions; Relevance Theory; illocutionary force; English; Uzbek*

Introduction

Indirect speech acts occupy a paradoxical position in the study of human communication: they are simultaneously among the most common devices of everyday interaction and among the most cognitively demanding to explain. An utterance such as 'Can you close the window?' is formally an interrogative inquiring about the hearer's ability, yet it is almost universally understood as a directive requesting an action. Since Searle's seminal treatment of indirection, linguists have generally agreed that such utterances perform one illocutionary act (a directive) indirectly, by way of performing another (a question about ability). What remains less settled, and what motivates the present study, is the question of how listeners actually process such utterances cognitively, and whether this processing operates in the same way across typologically distinct languages.

English and Uzbek offer a particularly instructive pair for this investigation. English, an analytic Germanic language, expresses indirectness primarily through modal verbs, conditional constructions, and lexical hedges layered onto an otherwise unmarked interrogative or declarative frame. Uzbek, an agglutinative Turkic language, possesses a rich inventory of optative, permissive, and honorific verbal suffixes that can encode deference directly within the imperative paradigm itself. This raises the central question addressed here: does the grammaticalization of politeness in Uzbek reduce the cognitive processing cost of indirect speech acts relative to English, where indirectness is achieved through more context-dependent, compositional means?

The article pursues three specific objectives: first, to identify the formal patterns through which interrogative and imperative constructions convey indirect directive force in English and Uzbek; second, to evaluate these patterns against competing cognitive-pragmatic models of indirect speech act comprehension; and third, to determine whether the two languages differ systematically in the degree to which indirectness is conventionalized versus inferentially computed.

Theoretical Framework

The classical account of indirect speech acts derives from Austin and Searle, who distinguished the locutionary, illocutionary, and perlocutionary dimensions of an utterance and proposed that indirect speech acts are recovered through a

chain of inference grounded in the Cooperative Principle. On this Standard Pragmatic Model, the hearer first computes the literal meaning of an utterance, recognizes its contextual inadequacy, and then derives the intended indirect meaning through inference. Subsequent cognitive-pragmatic research has challenged the assumption that literal meaning must always be computed first. Gibbs's Direct Access account proposes that conventionalized indirect forms are understood immediately, without prior computation of literal meaning, while Giora's Graded Salience Hypothesis holds that the relative salience of literal versus indirect meanings, rather than literality as such, determines processing priority. Relevance Theory offers a further alternative, proposing that hearers select the interpretation that yields adequate cognitive effects for the least processing effort, without necessarily distinguishing a separate stage of literal-meaning computation at all.

A further theoretical distinction relevant to the present study is Levinson's observation that many indirect speech acts are not computed anew in each context but are short-circuited: certain syntactic frames become conventionally associated with a particular illocutionary force through repeated use, regardless of their literal semantic content. Meibauer's and Ruytenbeek's reviews of experimental work on indirect speech acts confirm that conventionalized indirect requests, such as English 'Could you...?', are processed with a speed comparable to direct requests, whereas novel or less conventionalized indirect forms incur a measurable processing cost. This distinction between conventionalized and non-conventionalized indirectness provides the analytical axis along which the English and Uzbek data are compared in the present study.

Within Uzbek linguistics, the cognitive and functional dimension of pragmatic meaning has been addressed by Safarov , whose monograph Pragmalingvistika established the foundational categories for the pragmatic analysis of the Uzbek sentence, and by Hakimov , who examined how communicative intention is realized through Uzbek grammatical form. Mahmudov's work on the culture of Uzbek speech further situates indirectness within the broader framework of social and interpersonal norms governing Uzbek communication, while Ochilboeva has shown, in a cognitive and linguocultural comparison of English and Uzbek, that politeness-related linguistic behavior in Uzbek is more closely tied to grammaticalized social hierarchy than its English counterpart.

Materials and Methods

The study adopts a qualitative comparative-contrastive method combined with cognitive-pragmatic classification. Two comparable subcorpora of dialogic material were compiled: an English subcorpus drawn from contemporary spoken-language transcripts, film dialogue, and dramatic prose, and an Uzbek subcorpus drawn from analogous sources, including contemporary Uzbek drama and transcribed conversational interaction. From each subcorpus, interrogative and imperative utterances functioning as directives were extracted and classified along two dimensions: (i) degree of conventionalization, distinguishing highly conventionalized indirect forms from novel, context-dependent indirect forms; and (ii) the linguistic device carrying the indirect or mitigating function, such as a modal verb, a conditional clause, an honorific suffix, or an optative marker.

Each utterance was further evaluated against the four cognitive-pragmatic models outlined in Section 2 to determine which model best accounts for its predicted processing profile: the Standard Pragmatic Model, the Direct Access account, the Graded Salience Hypothesis, and Relevance Theory. Because the study is qualitative rather than experimental, no reaction-time data were collected; instead, the classification draws on the theoretical predictions each model makes about conventionalized versus novel indirect forms, and on distributional evidence from the two subcorpora regarding the relative frequency of conventionalized forms in each language.

Results

The analysis reveals a clear asymmetry between the two languages in the distribution of conventionalized versus novel indirect directive forms. In the English subcorpus, indirect directives realized through interrogative constructions overwhelmingly cluster around a small set of conventionalized modal frames, particularly those built on 'can', 'could', 'would', and 'would you mind'. These forms pattern consistently with Levinson's (1983) notion of short-circuited implicature: their indirect directive force appears to be retrieved as a unit rather than computed compositionally, which is consistent with the predictions of the Direct Access account and the Graded Salience Hypothesis for high-salience conventionalized expressions.

In the Uzbek subcorpus, by contrast, indirect directive force is frequently carried not by the interrogative frame itself but by verbal morphology superimposed on an imperative or optative base. The permissive and optative suffixes, together with the honorific second-person plural agreement pattern, allow a speaker to formulate what is structurally an imperative sentence while simultaneously encoding a degree of deference that in English would require a separate interrogative or

conditional frame. Because this politeness marking is a grammatically obligatory feature of the verb paradigm rather than an optional lexical addition, its interpretation appears to require comparatively little context-dependent inference: the hearer recovers the intended level of directive force largely from the morphological form itself, a pattern more consistent with Relevance Theory's principle of least processing effort than with the Standard Pragmatic Model's assumption of a separate inferential stage.

A further finding concerns novel, non-conventionalized indirect directives. In both subcorpora, less frequent indirect forms, such as an English declarative statement of a problem ('It's cold in here') or an Uzbek declarative implying an unstated request, require substantially more contextual support to be interpreted as directives, and their felicity depends heavily on situational cues. This pattern held in both languages, suggesting that the inferential mechanisms invoked by the Standard Pragmatic Model and Relevance Theory remain necessary for the processing of low-salience indirect forms even in a language, such as Uzbek, where conventionalized morphological indirectness is comparatively abundant.

Discussion

The results suggest that no single cognitive-pragmatic model is sufficient on its own to account for the processing of indirect speech acts across English and Uzbek; rather, the applicability of each model depends on the degree of conventionalization of the form in question, in line with the general position argued by Giora and supported by the experimental review of Ruytenbeek . At the same time, the comparative data indicate that the two languages differ in where conventionalization is structurally located. English concentrates conventionalized indirectness in a limited set of syntactic-lexical frames operating at the level of the interrogative sentence, whereas Uzbek distributes a comparable pragmatic function across the morphological paradigm of the imperative verb itself. This finding extends Safarov's and Hakimov's observation that Uzbek pragmatic meaning is frequently carried by grammatical form, by showing that this morphologization of politeness plausibly serves a cognitive economy function as well as a social one: it allows the hearer to determine directive force with reduced reliance on effortful contextual inference.

These findings have several practical implications. In translation, rendering an Uzbek honorific imperative into English requires the translator to reconstruct, through periphrastic modal or conditional means, a pragmatic effect that the Uzbek original encodes morphologically in a single word; a literal translation risks either flattening the politeness distinction or over-elaborating it. In the teaching of pragmatics to second language learners, the results suggest that English-speaking learners of Uzbek would benefit from explicit instruction in the pragmatic function of optative and honorific verb morphology, since this dimension of indirectness has no direct structural counterpart in their first language and cannot be expected to transfer automatically. Conversely, Uzbek-speaking learners of English may need focused practice with the limited inventory of conventionalized English request frames identified in Section 4, since relying on literal or novel constructions where a native speaker would use a conventionalized frame can result in utterances that are grammatically correct but pragmatically marked as unusually direct or effortful to process.

The study is subject to certain limitations. As a qualitative corpus analysis, it does not provide direct psycholinguistic evidence, such as reaction-time or eye-tracking data, for the processing claims associated with each cognitive-pragmatic model; the classification offered here is therefore best understood as generating hypotheses for future experimental testing rather than confirming them directly. In addition, the corpus is limited to dialogic literary and conversational material and does not extend to institutional or written registers, where conventionalization patterns may differ.

Conclusion

This article has examined the pragma-cognitive nature of indirect speech acts in English and Uzbek through the lens of interrogative and imperative constructions, integrating classical Speech Act Theory with cognitive-pragmatic models of utterance comprehension. The comparative analysis indicates that both languages rely on a combination of conventionalized and inferentially computed indirectness, but that they differ in where this conventionalization is grammatically located: English concentrates it in a small set of modal-interrogative frames, while Uzbek distributes it across the morphological system of the imperative verb. These findings contribute to a more typologically informed account of indirect speech act processing and offer a linguistically grounded basis for further research in cognitive pragmatics, translation studies, and the teaching of pragmatic competence in English and Uzbek as foreign languages. Future research incorporating psycholinguistic experimentation and larger, register-balanced corpora would allow the hypotheses generated here to be tested directly.

References

1. Austin, J. L. (1962). How to Do Things with Words. Oxford: Clarendon Press.
2. Brown, P., & Levinson, S. C. (1987). Politeness: Some Universals in Language Usage. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Giora, R. (1997). Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. Cognitive Linguistics, 8(3), 183–206.
4. Giora, R. (2002). Literal vs. figurative language: Different or equal? Journal of Pragmatics, 34(4), 487–506.
5. Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Eds.), Syntax and Semantics, Vol. 3: Speech Acts (pp. 41–58). New York: Academic Press.
6. Hakimov, M. (2013). O‘zbek pragmalingvistikasi asoslari [Foundations of Uzbek Pragmalinguistics]. Toshkent.
7. Levinson, S. C. (1983). Pragmatics. Cambridge: Cambridge University Press.
8. Mahmudov, N. (2012). Til va nutq madaniyati [The Culture of Language and Speech]. Toshkent: O‘zbekiston Milliy Ensiklopediyasi.
9. Meibauer, J. (2019). Speech acts, implicature, and pragmatic markers. In C. Cummins & N. Katsos (Eds.), The Oxford Handbook of Experimental Semantics and Pragmatics. Oxford: Oxford University Press.
10. Ochilboeva, I. (2024). Cross-cultural linguistic expressions of manners: A comparative study of Uzbek and English behaviors from cognitive and linguocultural perspectives. Journal of Language Pedagogy and Innovative Applied Linguistics, 2(2), 34–40.

METHODOLOGY OF INTEGRATED TEACHING OF PHYSICS AND ENERGY SCIENCES

Abduvahobov M

Gulistan Uzbekistan

Abstract.

The growing demand for energy-literate engineering graduates requires school and college physics courses to be linked more closely with the fundamentals of modern energetics. This article substantiates a methodology for the integrated teaching of physics and energy sciences, built on interdisciplinary content design, problem-based learning tasks, and applied laboratory modules on energy conversion and efficiency. A pedagogical experiment involving 66 first-year technical college students (32 in a control group and 34 in an experimental group) was conducted over one academic semester. The experimental group studied physics through an integrated curriculum combining classical mechanics, thermodynamics, and electromagnetism with topics from renewable and conventional energetics, while the control group followed the traditional, subject-separated syllabus. Post-test results show that the experimental group's mean achievement score rose from 55.1% to 78.4% ($t = 11.42$, $p < 0.001$), compared with a rise from 54.2% to 61.8% in the control group. A 12-week retention follow-up confirmed that the experimental group preserved substantially more of the acquired knowledge. The findings indicate that integrated instruction improves both immediate achievement and long-term retention, and the article proposes a four-stage instructional model (motivation, integrated conceptualization, applied modeling, reflective assessment) that can be adapted by higher-education institutions preparing energy-sector specialists.

Keywords: *integrated teaching, physics education, energy sciences, interdisciplinary methodology, pedagogical experiment, STEM education, problem-based learning.*

Introduction

The rapid transformation of the global and national energy sectors — driven by the expansion of renewable energy, the modernization of power grids, and the growing emphasis on energy efficiency — has intensified the demand for specialists who possess not only sound theoretical knowledge of physics but also the ability to apply this knowledge to real energy systems. However, in many technical colleges and universities of Uzbekistan, physics continues to be taught as an isolated, discipline-centered subject, while energy-related content is introduced later, in narrow specialized courses, with limited conceptual continuity between the two. This separation weakens students' ability to transfer fundamental physical laws to practical engineering and energy problems and reduces motivation, since abstract physical concepts appear disconnected from students' future professional activity.

Contemporary pedagogical research increasingly points to interdisciplinary and integrated instruction as an effective response to this problem. Integration allows physical laws — such as the conservation of energy, heat transfer, and electromagnetic induction — to be studied simultaneously with their manifestation in energy generation, transmission, and conversion technologies, thereby strengthening conceptual understanding and practical competence at the same time. Despite this recognized potential, there remains a shortage of concrete, empirically validated methodologies describing how physics and energy-science content can be integrated within the constraints of a standard academic curriculum.

The purpose of this study is to develop and experimentally verify a methodology for the integrated teaching of physics and energy sciences and to determine its effect on students' academic achievement and knowledge retention compared with traditional, subject-separated instruction.

Interdisciplinary teaching has been examined from several theoretical perspectives. Constructivist pedagogy emphasizes that knowledge is more firmly retained when learners actively connect new concepts to authentic, real-world contexts, which supports the pairing of abstract physical theory with tangible energy applications. STEM-education research similarly argues that combining scientific disciplines around common problems increases student engagement and transferable problem-solving skill, since learners repeatedly apply the same underlying principles across varied contexts rather than encountering them once in isolation.

Within physics-education research specifically, several authors have proposed embedding energy-efficiency and renewable-energy case studies into standard mechanics and electromagnetism courses, reporting improved conceptual understanding of energy transformation topics that are traditionally considered difficult for students. Other studies highlight those difficulties as arising primarily from a purely formulaic treatment of energy concepts, disconnected from any applied technological context, which supports the case for contextualized, integrated instruction rather than sequential, subject-separated delivery.

At the same time, existing publications tend to describe integration at a general conceptual level, offering limited detail on instructional staging, assessment design, or empirical outcome measures. This gap motivates the present study, which proposes a structured, four-stage instructional model and reports quantitative outcomes from a controlled pedagogical experiment.

The study employed a quasi-experimental design with a control and an experimental group, conducted over one academic semester (14 weeks) at a technical college in Samarkand region. The sample consisted of 66 first-year students enrolled in an electrical- and energy-engineering preparatory program, divided into a control group ($n = 32$) taught according to the standard, subject-separated syllabus, and an experimental group ($n = 34$) taught according to the proposed integrated methodology. Group equivalence prior to the experiment was confirmed by a pre-test ($t = 0.58$, $p = 0.56$, indicating no statistically significant difference between groups).

The integrated methodology was structured around four instructional stages:

I. Motivation stage — each topic opens with a real energy-sector problem (e.g., transmission-line losses, solar-panel efficiency) to establish relevance before formal theory is introduced.

II. Integrated conceptualization stage — classical physical laws are taught in direct connection with their role in energy generation, conversion, and transmission, using comparative diagrams and cross-disciplinary terminology.

III. Applied modeling stage — students complete laboratory and computational tasks that require applying physical formulas to calculate real energy-system parameters, such as efficiency coefficients and heat losses.

IV. Reflective assessment stage — students analyze their own solutions against engineering benchmarks and discuss alternative approaches in seminar format.

Data were collected through standardized pre- and post-tests (40 items covering mechanics, thermodynamics, electromagnetism, and applied energy calculations) and a delayed retention test administered 12 weeks after course completion. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics and an independent-samples t-test at a significance threshold of $p < 0.05$.

Results

Table 1 summarizes the pre-test and post-test performance of both groups. While the two groups did not differ significantly before the intervention, the experimental group demonstrated a substantially larger gain in mean achievement score following the integrated course.

Group	N	Pre-test, %	Post-test, %	Gain, %
Control (n = 32)	32	54.2 ± 6.1	61.8 ± 5.8	+7.6
Experimental (n = 34)	34	55.1 ± 5.9	78.4 ± 4.7	+23.3
t-value / p-value	—	t = 0.58, p = 0.56	t = 11.42, p < 0.001	—

Table 1. Pre-test and post-test achievement scores by group

The magnitude of this difference is illustrated in Figure 1, which shows mean achievement scores for both groups before and after the intervention.

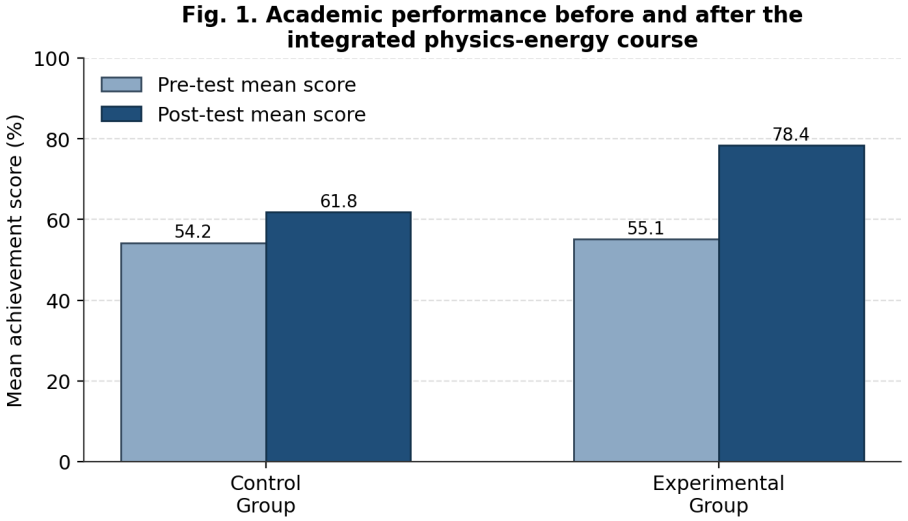


Figure 1. Academic performance before and after the integrated physics-energy course

A 12-week follow-up assessment was used to evaluate knowledge retention. As shown in Figure 2, the experimental group retained a considerably larger share of the acquired knowledge over time: its mean score declined from 78.4% to 72.6% (a relative loss of 7.4%), whereas the control group's score declined from 61.8% to 52.4% (a relative loss of 15.2%). This suggests that the integrated methodology not only improves immediate achievement but also promotes more durable, transferable understanding of energy-related physical concepts.

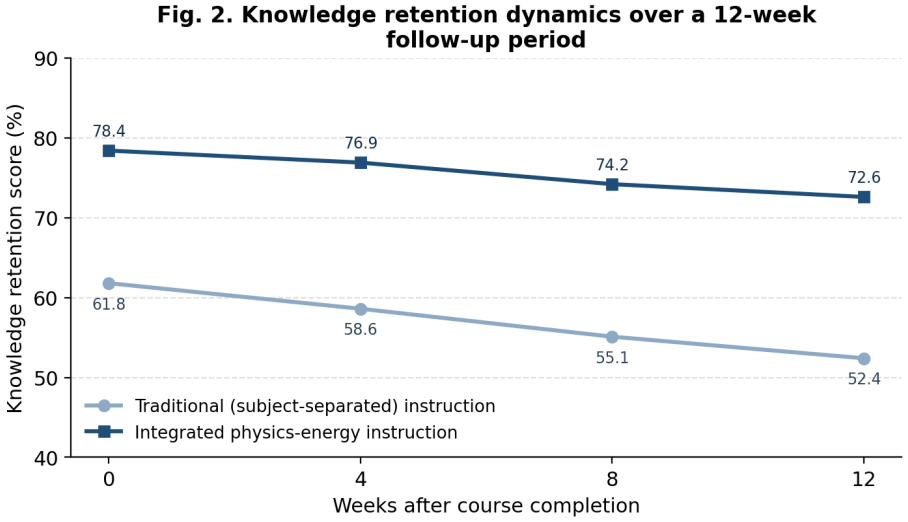


Figure 2. Knowledge retention dynamics over a 12-week follow-up period

Discussion

The results confirm that integrating physics instruction with energy-science content produces measurable improvements in both achievement and retention. The statistically significant post-test gap ($p < 0.001$) between groups suggests that connecting abstract physical laws to concrete energy-system problems strengthens conceptual understanding rather than merely adding motivational value. This is consistent with constructivist accounts of learning, which hold that knowledge anchored in authentic application contexts is processed more deeply and is therefore more resistant to forgetting — a pattern reflected in the smaller retention decline observed in the experimental group.

The four-stage instructional model appears to contribute to this outcome in a specific way: the motivation stage increases initial engagement, the integrated conceptualization stage builds cross-disciplinary vocabulary and mental models, the applied modeling stage requires active transfer of formulas to engineering-relevant calculations, and the reflective

assessment stage consolidates understanding through peer discussion and self-evaluation. Because each stage targets a distinct cognitive mechanism, the model may be more effective than approaches that add energy-related examples without restructuring the overall instructional sequence.

These findings should be interpreted with several limitations in mind. The sample was drawn from a single institution and one specialization, which limits generalizability; a longer experimental period and replication across multiple institutions would strengthen the evidence base. Future research should also examine which of the four instructional stages contributes most to the observed gains, and whether the methodology yields comparable benefits for students entering non-energy technical specializations.

This study proposed and empirically tested a methodology for integrating physics and energy-science instruction through a four-stage model comprising motivation, integrated conceptualization, applied modeling, and reflective assessment. The pedagogical experiment demonstrated that students taught under this integrated methodology achieved significantly higher post-test scores (78.4% vs. 61.8%, $p < 0.001$) and retained substantially more knowledge over a 12-week follow-up period than students taught under the traditional, subject-separated approach. These results support the broader adoption of interdisciplinary methodologies in technical and pedagogical education, particularly in preparing future specialists for the energy sector. Further research is recommended to refine the model's individual stages and to validate its applicability across diverse educational contexts.

References

1. Abdullayev, T. (2022). Innovative approaches to teaching physics in technical colleges. Tashkent: Fan va Texnologiya.

2. Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington, VA: NSTA Press.

3. Karimova, D., & Yusupov, R. (2021). Interdisciplinary integration in natural science education: theoretical foundations. Pedagogical Sciences Bulletin, 4(2), 45–53.

4. National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: National Academies Press.

5. Sadikova, N. (2020). Energy-efficiency education as a component of engineering training. Journal of Engineering Pedagogy, 3(1), 22–30.

6. Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

METHODOLOGY OF TEACHING THE ENERGY-SAVING TOPIC THROUGH DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES

Abduvahobov Muhammad

Gulistan, Uzbekistan

Abstract

Energy saving is one of the most pressing themes in contemporary science education, yet it is frequently taught through static textbook material that gives students little sense of how their own behavior and technical choices affect real energy consumption. This article presents a methodology for teaching the energy-saving topic through digital educational resources, including interactive simulations of household and industrial energy consumption, explainer video lessons, gamified diagnostic quizzes, and student-maintained digital energy-use e-portfolios. A pedagogical experiment was carried out with 61 secondary-vocational students (30 in a control group taught with a static textbook-based syllabus and 31 in an experimental group taught with the proposed digital-resource methodology) over one academic quarter. Post-test results show that the experimental group's mean achievement score increased from 53.4% to 81.7% ($t = 15.36$, $p < 0.001$), compared with an increase from 52.6% to 59.3% in the control group. An engagement survey further revealed that interactive simulations produced the highest engagement index (86.2%), followed by gamified quizzes (81.9%) and explainer videos (74.5%), all clearly exceeding the static-textbook control condition (47.3%). The findings indicate that digital resources, when sequenced according to a structured instructional model, substantially improve both comprehension of energy-saving concepts and student motivation, and the article outlines a practical four-stage lesson design that teachers can apply directly in the classroom.

Keywords: *energy saving, digital educational resources, interactive simulation, gamification, e-portfolio, pedagogical experiment, student engagement.*

Introduction

Rational energy use has become a central theme of national education policy in many countries, reflecting both economic pressure to reduce energy losses and the broader goal of cultivating environmentally responsible citizens. In secondary and vocational education, the energy-saving topic is typically taught as a short module within physics or technology courses, relying on textbook descriptions of insulation, heat loss, and efficient appliances. Such material is often abstract and disconnected from students' everyday behavior, which limits both comprehension and the likelihood that students will apply what they learn outside the classroom.

Digital educational resources — interactive simulations, explainer videos, gamified assessment tools, and personal digital portfolios — offer a way to make energy-saving concepts concrete and personally relevant. Simulations allow students to manipulate variables such as insulation thickness or appliance usage time and observe the resulting change in energy consumption; gamified quizzes provide immediate feedback that sustains motivation; and e-portfolios allow students to track and reflect on their own household energy habits over time. Despite the availability of such tools, many teachers still lack a structured methodology for sequencing them within a lesson, which limits their pedagogical effectiveness even where the technology itself is accessible.

The purpose of this study is to develop and empirically evaluate a methodology for teaching the energy-saving topic using a coordinated set of digital educational resources, and to determine which resource types most effectively support student achievement and engagement.

Literature Review

Research on educational technology consistently reports that interactivity is a key factor distinguishing effective digital resources from passive ones. Simulation-based learning environments have been shown to improve conceptual understanding of energy-transfer processes by allowing learners to test cause-and-effect relationships directly, rather than memorizing static formulas. Gamification research similarly links immediate feedback and incremental reward structures to sustained attention and reduced dropout from self-paced learning tasks, both of which are relevant to energy-saving instruction, where behavioral change depends on repeated engagement rather than a single lesson.

Studies of digital portfolios in science education suggest that reflective, self-tracking tools strengthen the connection between classroom content and personal behavior, an effect particularly relevant to energy-saving education, since the

ultimate instructional goal is behavioral as well as conceptual. However, much of the existing literature evaluates individual tools in isolation rather than as a coordinated instructional sequence, and few studies report controlled, quantitative comparisons of resource types within a single energy-saving curriculum. This gap motivates the present study, which tests a structured four-stage methodology combining several resource types and reports comparative engagement data across them.

Research Methodology

The study used a quasi-experimental design with a control and an experimental group, conducted over one academic quarter (10 weeks) at a vocational college in Samarkand region. The sample consisted of 61 second-year students, divided into a control group (n = 30) taught the energy-saving module using the standard textbook-based syllabus, and an experimental group (n = 31) taught using the proposed digital-resource methodology. Pre-test results confirmed group equivalence prior to the intervention ($t = 0.51$, $p = 0.61$).

a) The digital-resource methodology was organized into four instructional stages:

b) Diagnostic stage — a short gamified quiz identifies students' existing misconceptions about energy consumption and personalizes the starting point of instruction.

c) Conceptual visualization stage — explainer video lessons introduce core energy-saving concepts (thermal insulation, standby power loss, efficient lighting) using animated demonstrations.

d) Interactive modeling stage — students use an energy-consumption simulation to adjust household variables (insulation, appliance choice, usage schedule) and observe the resulting effect on monthly energy consumption and cost.

e) Self-tracking and reflection stage — students maintain a digital e-portfolio recording their own household energy-saving actions over several weeks, with periodic teacher feedback.

Data were collected through standardized pre- and post-tests (35 items covering energy-saving concepts and applied calculation tasks) and a structured engagement survey administered after each resource type, scored as an engagement index (0-100%) based on attention, task completion, and self-reported interest. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics and an independent-samples t-test at a significance threshold of $p < 0.05$.

Results

Table 1 summarizes pre-test and post-test performance for both groups. Although the groups did not differ significantly before the intervention, the experimental group showed a substantially larger achievement gain after instruction with digital resources.

Group	N	Pre-test, %	Post-test, %	Gain, %
Control (n = 30)	30	52.6 ± 6.4	59.3 ± 6.0	+6.7
Experimental (n = 31)	31	53.4 ± 6.1	81.7 ± 4.9	+28.3
t-value / p-value	—	$t = 0.51$, $p = 0.61$	$t = 15.36$, $p < 0.001$	—

Table 1. Pre-test and post-test achievement scores by group

Figure 1 illustrates this difference, comparing mean achievement scores for both groups before and after the intervention.

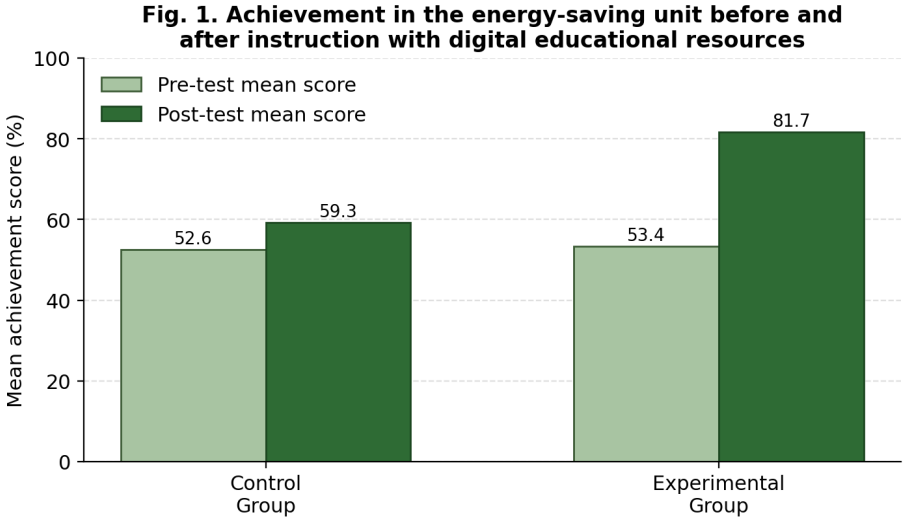


Figure 1. Achievement in the energy-saving unit before and after instruction with digital educational resources

The engagement survey, summarized in Figure 2, indicates that interactive simulations produced the highest engagement index among the digital resources tested (86.2%), followed by gamified quizzes (81.9%) and explainer video lessons (74.5%); the e-portfolio task, which requires sustained independent effort, scored somewhat lower (68.7%) but still clearly exceeded the static-textbook control condition (47.3%). These results suggest that resources offering direct manipulation and immediate feedback are particularly effective at sustaining student attention within the energy-saving topic.

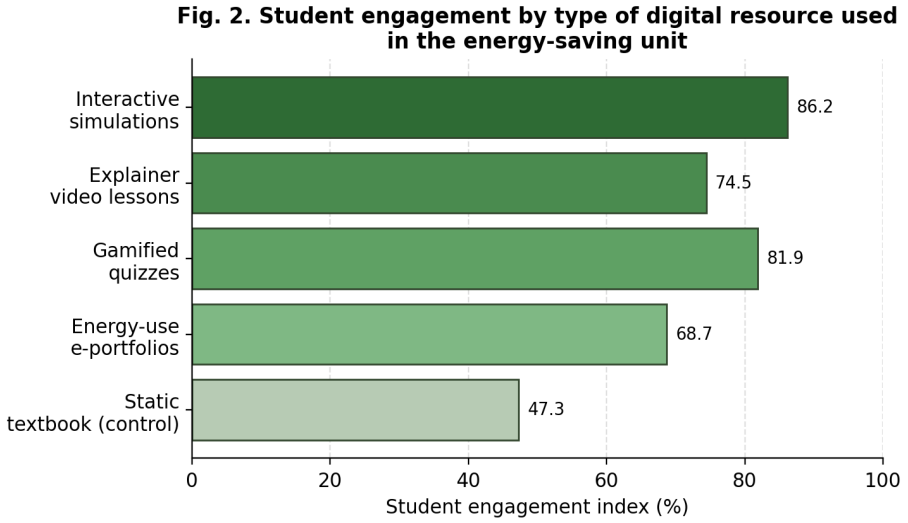


Figure 2. Student engagement by type of digital resource used in the energy-saving unit

The results support the hypothesis that a structured sequence of digital educational resources improves both achievement and engagement in energy-saving instruction more than static textbook delivery. The statistically significant post-test gap ($p < 0.001$) suggests that the improvement is not attributable merely to novelty, since the four-stage sequence combines several distinct resource types rather than relying on a single technological intervention. The comparatively high engagement scores for interactive simulations and gamified quizzes indicate that resources providing immediate, manipulable feedback are especially well suited to a topic like energy saving, where understanding depends on grasping cause-and-effect relationships between behavior and consumption.

The somewhat lower engagement score for the e-portfolio task is noteworthy: because it requires sustained, self-directed effort over several weeks rather than a single session, it may benefit from additional scaffolding, such as periodic reminders or peer-comparison features, to sustain motivation across the full data-collection period. This suggests that not

all digital resources function equally well without accompanying pedagogical support, and that resource choice should be matched to the cognitive and motivational demands of each instructional stage rather than treated as interchangeable.

Several limitations should be acknowledged. The study was conducted at a single institution over one quarter, and the retention of energy-saving behavior beyond the observation period was not measured; longer-term follow-up would help determine whether increased engagement translates into lasting behavioral change. Future research should also examine whether the relative effectiveness of resource types differs by age group or prior technological familiarity.

This study proposed and empirically tested a four-stage methodology for teaching the energy-saving topic using a coordinated set of digital educational resources — diagnostic gamified quizzes, explainer videos, interactive consumption simulations, and self-tracking e-portfolios. The pedagogical experiment demonstrated that students taught under this methodology achieved significantly higher post-test scores (81.7% vs. 59.3%, $p < 0.001$) than students taught with a static, textbook-based approach, and that interactive, feedback-rich resources produced the highest levels of student engagement. These findings support the wider adoption of structured digital-resource methodologies in energy-saving education and suggest that resource selection should be matched deliberately to each stage of the instructional sequence. Further research is recommended to assess the long-term behavioral impact of such methodologies and their applicability across different student populations.

References

1. Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., & Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. Review of Educational Research, 86(1), 79-122.

2. Karimova, D., & Yusupov, R. (2021). Interdisciplinary integration in natural science education: theoretical foundations. Pedagogical Sciences Bulletin, 4(2), 45-53.

3. Mamatova, Z. (2022). Digital resources in science education: opportunities and challenges. Tashkent: Fan va Texnologiya.

4. Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. Educational Psychologist, 50(4), 258-283.

5. Sadikova, N. (2020). Energy-efficiency education as a component of engineering training. Journal of Engineering Pedagogy, 3(1), 22-30.

6. de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. Science, 340(6130), 305-308.

ACADEMIC WRITING ANXIETY AMONG FOREIGN LANGUAGE LEARNERS

Gunel Shefiyeva Elkhan

English language teacher of Foreign Languages Center of ASPU

Orcid id: 0000-0001-5105-2749

agakishiyeva.g@mail.ru

Academic writing is an essential skill for students in higher education. Foreign language learners often find academic writing difficult because they must express complex ideas in a language that is not their first language. They may worry about grammatical mistakes, limited vocabulary, organization of ideas, and negative evaluation from teachers.

Writing anxiety refers to feelings of fear, tension, or worry related to writing tasks. High levels of anxiety may cause students to avoid writing, delay assignments, or lose confidence in their abilities. Therefore, understanding the causes of writing anxiety is important for improving students' academic performance.

Causes of Academic Writing Anxiety

One major cause of writing anxiety is limited language proficiency. Students may feel insecure about their grammar and vocabulary and become afraid of making mistakes. Lack of knowledge about academic writing conventions, such as essay structure, citation, and referencing, can also create uncertainty.

Another important factor is the fear of negative evaluation. Students may worry about receiving poor grades or criticism from teachers and classmates. Previous negative experiences and strict deadlines can also increase anxiety.

Effects of Writing Anxiety

Writing anxiety can negatively influence students' motivation and performance. Anxious learners may avoid writing activities or spend too much time worrying about mistakes. This can make it difficult for them to organize ideas and express themselves effectively.

Writing anxiety may also create a negative cycle. Students who avoid writing have fewer opportunities to practice, and limited practice may prevent them from improving their writing skills.

Reducing Writing Anxiety

Teachers can help reduce writing anxiety by using a supportive and process-oriented approach. Writing should be taught as a process involving planning, drafting, revising, and editing. Students should understand that mistakes are a natural part of learning.

Constructive feedback is also important. Teachers should identify students' strengths as well as areas that need improvement. Peer review and collaborative writing can help learners feel less isolated and increase their confidence.

Explicit instruction in academic writing is another useful strategy. When students understand how to organize an essay, develop arguments, and use sources correctly, they may feel more confident.

Academic writing anxiety is a common problem among foreign language learners. It can be caused by limited language proficiency, lack of knowledge about academic conventions, fear of negative evaluation, and previous negative experiences. High levels of anxiety can reduce students' confidence, motivation, and writing performance.

Teachers can reduce writing anxiety by creating a supportive learning environment, providing constructive feedback, teaching writing as a process, and giving students clear guidance. Addressing both the emotional and academic aspects of writing can help foreign language learners become more confident and successful academic writers.

Key words: Academic writing anxiety, foreign language learners, writing performance.

OSMANİYE-NURDAĞI RÜZGÂR KORİDORUNDA (TÜRKİYE) RÜZGÂR ENERJİSİNDEN ÖNLENEN TATLI SU TÜKETİMİ VE CO_2 EMİSYONLARI: BİR YAŞAM DÖNGÜSÜ VAKA ÇALIŞMASI

Hakan TUTUMLU[1*], Emrullah KOCAMAN[2], Hüseyin YAĞLI[2]

[1]Elektrik ve Enerji Bölümü, Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, Gaziantep Üniversitesi, 27310 Gaziantep, Türkiye, htutumlu@gantep.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3884-7015

[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gaziantep Üniversitesi, 27310 Gaziantep, Türkiye

[*]Sorumlu yazar: htutumlu@gantep.edu.tr

Özet

Rüzgâr enerjisi genellikle sera gazı emisyonlarına sağladığı katkı üzerinden değerlendirilir; oysa termik elektrik üretiminin yarı-kurak ülkelerdeki en büyük su tüketicilerinden biri olmasına karşın, rüzgâr enerjisinin tatlı su kaynakları üzerindeki etkileri çok daha az ilgi görmektedir. Bu çalışma, güney Türkiye'deki Osmaniye-Nurdağı rüzgâr koridorunda -ki bu koridorda hâlihazırda ticari rüzgâr santralleri faaliyettedir- kurulacak temsili 100 MW'lık bir rüzgâr santralinin önleyeceği tatlı su tüketimini ve karbon dioksit emisyonlarını nicelendirmektedir. Yıllık elektrik üretimi, 2024 yılına ait ulusal kurulu güç ve üretim istatistiklerinden türetilen bir kapasite faktörü kullanılarak tahmin edilmiştir. Önlenen tatlı su tüketimi, kömür ve doğal gaz santralleri için raporlanmış uyumlaştırılmış yaşam döngüsü su kullanım faktörleri kullanılarak; önlenen emisyonlar ise Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayımlanan resmi ulusal elektrik üretimi emisyon faktörü kullanılarak hesaplanmıştır. İkame edilen teknoloji senaryoları toplanmak yerine ayrı tutulmuş, operasyonel ve yaşam döngüsü sistem sınırları da farklı sınırlar altında türetilen değerlerin doğrudan karşılaştırılmaması için ayrı raporlanmıştır. Santralin yılda yaklaşık 0,28 TWh termik üretimi ikame etmesi beklenmekte olup, bu değer kömürlü üretimin ikame edilmesi durumunda yaklaşık $5{,}8\times10^5$ m³, doğal gaz kombine çevrim üretiminin ikame edilmesi durumunda ise yaklaşık $2{,}3\times10^5$ m³ önlenen tatlı su tüketimine ve yaklaşık $1{,}2\times10^5$ t CO_2-eş önlenen emisyona karşılık gelmektedir. Sonuçlar, su kısıtı yaşayan bölgelerdeki rüzgâr enerjisi yatırımlarının değerlendirilmesinde tatlı su tasarrufunun açıkça dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: rüzgâr enerjisi; su ayak izi; enerji-su bağlantısı; önlenen emisyonlar; Osmaniye; Türkiye

AVOIDED FRESHWATER CONSUMPTION AND CO_2 EMISSIONS FROM WIND POWER IN THE OSMANİYE-NURDAĞI WIND CORRIDOR, TÜRKİYE: A LIFE-CYCLE CASE STUDY

Hakan TUTUMLU[1*], Emrullah KOCAMAN[2], Hüseyin YAĞLI[2]

[1]Department of Electric and Energy, Naci Topcuoglu Vocational High School, Gaziantep University, 27310 Gaziantep, Türkiye

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Gaziantep University, 27310 Gaziantep, Türkiye

[*]Corresponding author: htutumlu@gantep.edu.tr

Abstract

Wind power is normally appraised through its greenhouse gas benefits, while its implications for freshwater resources receive far less attention, even though thermal power generation is among the largest water users in semi-arid countries. This study quantifies the freshwater consumption and the carbon dioxide emissions that would be avoided by a representative 100 MW wind installation in the Osmaniye–Nurdağı wind corridor of southern Türkiye, a corridor in which commercial wind farms are already in operation. Annual electricity generation is estimated from a capacity factor derived from national installed-capacity and generation statistics for 2024. Avoided freshwater consumption is calculated using harmonised life-cycle water-use factors reported for coal-fired and natural-gas-fired generation, and avoided emissions are calculated using the official national electricity generation emission factor published by the Turkish Ministry of Energy and Natural Resources. Displaced-technology scenarios are kept separate rather than aggregated, and operational and life-cycle system boundaries are reported separately so that figures derived under different boundaries are never compared directly. The installation is estimated to displace approximately 0.28 TWh of thermal generation per year, corresponding to roughly 5.8×10^5 m³ of avoided freshwater consumption if coal-fired generation is displaced and roughly 2.3×10^5 m³ if natural-gas combined-cycle generation is displaced, together with approximately 1.2×10^5 t CO_2-eq of avoided emissions. The results indicate that freshwater savings deserve explicit consideration in the appraisal of wind energy investments in water-stressed regions.

Keywords: wind energy; water footprint; energy–water nexus; avoided emissions; Osmaniye; Türkiye

1. INTRODUCTION

Wind energy has become one of the fastest-growing components of the Turkish electricity system. Installed wind capacity reached 13,792.50 MW at the end of 2024, with 1,310.07 MW of new capacity commissioned during that year alone (TÜREB, 2025). Wind supplied 10.7% of national electricity generation in 2024 (Ember, 2025). Despite this growth, fossil fuels still accounted for 55% of generation in 2024, and coal-fired generation reached 122 TWh, the highest absolute figure in Europe (Ember, 2025). The average emission intensity of Turkish electricity generation was 0.434 t CO_2-eq per MWh in 2023 (Ministry of Energy and Natural Resources [ETKB], 2025). Each unit of electricity generated from wind therefore displaces generation that is, on average, considerably more carbon-intensive.

The environmental case for wind energy, however, is normally made in terms of greenhouse gases alone. Electricity generation is also a major consumer of freshwater, principally through the cooling of thermal power plants, and this dimension is frequently overlooked in national energy planning. The issue is particularly relevant for Türkiye: the country is situated in a semi-arid region and has approximately 1,500 m³ of water available per capita per year, far below the 10,000 m³ per capita that characterises water-rich countries (Shaikh et al., 2017). Competition for freshwater between agriculture, domestic supply and the power sector is therefore expected to intensify as electricity demand grows.

A substantial body of work has quantified the water requirements of electricity generation. Macknick et al. (2012) consolidated operational water withdrawal and consumption factors for the United States and showed that the cooling system employed is often a stronger determinant of water use than the fuel technology itself: once-through cooling systems withdraw 10 to 100 times more water per unit of generation than recirculating cooling towers, whereas cooling towers consume substantially more of the water they withdraw. Non-thermal renewables, including wind, were found to have the lowest operational water consumption factors. Meldrum et al. (2013) extended the analysis to the full life cycle —

component manufacturing, fuel acquisition, processing and transport, plant operation and decommissioning — and reported that total life-cycle water use is lowest for photovoltaics and wind and highest for thermoelectric technologies, with operations dominating the total for most fuel-based pathways. Mekonnen et al. (2015) subsequently combined this class of technology-level water-use factors with regional electricity generation mixes to estimate a production-weighted global average consumptive water footprint of 4,241 m³ per TJ of electricity and heat; because their technology-specific inputs draw on the same harmonised estimates as Meldrum et al. (2013), the two studies are not treated here as independent corroborating sources.

For Türkiye specifically, Shaikh et al. (2017) developed a scenario-based framework combining national electricity generation projections with published water-use and carbon coefficients, and concluded that a renewable-focused development pathway would both consume and withdraw less water than a business-as-usual pathway while emitting less carbon. That analysis, however, operates at the level of the national generation mix; it does not translate the result into the scale at which investment decisions are actually taken, namely that of an individual wind farm or a regional cluster of wind farms. The freshwater implications of a specific wind development in Türkiye have not, to the authors' knowledge, been quantified. The present analysis follows the estimation framework already established for the national scale by Shaikh et al. (2017) rather than introducing a new method; its contribution lies in applying that framework at the scale of an individual regional installation, for which the required national-statistics inputs are available even where plant-level data are not.

The Osmaniye–Nurdağı corridor, spanning the provinces of Osmaniye and Gaziantep in southern Türkiye, offers a suitable setting for such an assessment. Karsli and Geçit (2003) evaluated hourly wind measurements taken at Nurdağı during 1995 at a height of 10 m and reported an annual mean wind speed of 7.27 m/s, a maximum recorded speed of 23.3 m/s and a mean power density of 222 W/m², noting that the value should be recalculated upwards for modern hub heights of 40 m and above. The resource is, however, strongly localised to the ridges rather than the plain: measurements from the Osmaniye city-centre meteorological station over a 44-month period gave a mean wind speed of only 2.23 m/s and a mean power density of 24.587 W/m², leading Yaniktepe et al. (2013) to conclude that the immediate vicinity of the city is unsuitable for grid-scale generation. The same study documents that commercial development has instead taken place on the surrounding elevated terrain, where the Gökçedağ wind farm in Osmaniye-Bahçe was commissioned with 54 General Electric 2.5xl turbines for a total of 135 MW.

The present study therefore quantifies, for a representative 100 MW wind installation sited in this corridor, the annual freshwater consumption and carbon dioxide emissions that are avoided relative to the thermal generation it displaces. Two displaced-technology scenarios — coal-fired and natural-gas combined-cycle generation — are evaluated separately, results are reported as ranges rather than single values, and the sensitivity of the outcome to the assumed capacity factor is examined. Operational and life-cycle water-use factors are reported under their own system boundaries throughout and are not combined.

2. METHOD

2.1. Study area and reference installation

The study area is the wind corridor extending along the elevated terrain between Bahçe and Hasanbeyli in Osmaniye province and Nurdağı in Gaziantep province, southern Türkiye. The corridor is not confined to a single province; it is defined here by the ridge system that carries the regional wind resource rather than by administrative boundaries.

The assessment is carried out for a representative installed capacity of 100 MW rather than for a named commercial plant. Plant-level operating data for privately owned wind farms in the corridor are not published, and figures circulating in secondary sources are mutually inconsistent; a representative capacity therefore allows the calculation to rest entirely on documented national statistics rather than on an aggregation of unverifiable plant-level figures.

2.2. Annual electricity generation

The annual net electricity generation of the reference installation is obtained from the installed capacity P (MW), the capacity factor CF and the number of hours in a year:

$$E = P \times CF \times 8760 \qquad (1)$$

where E is the annual generation in MWh. The capacity factor is derived from national statistics for 2024. Total installed wind capacity in Türkiye was 13,792.50 MW at the end of 2024, of which 1,310.07 MW had been commissioned during

the year (TÜREB, 2025). Wind and solar together generated 62 TWh in 2024, with shares of 10.7% and 7.5% of national generation respectively (Ember, 2025); total generation is therefore approximately 341 TWh and wind generation approximately 36.5 TWh. Referred to the year-end capacity, this corresponds to a capacity factor of about 0.30; referred to the mean capacity in operation during the year, approximately 13,140 MW, it corresponds to about 0.32. The latter value is adopted as the base case, and the range 0.25–0.40 is used in the sensitivity analysis. Equation (1) then gives an annual generation of 280,320 MWh, or approximately 0.28 TWh, for the base case.

The capacity factor used here is a fleet-average value for Türkiye rather than a site-measured one. Site-specific capacity factors for the corridor would require plant-level production records that are not publicly available, which is the reason the sensitivity analysis in Section 2.5 spans a wide range. Because the corridor already hosts commercial capacity on what is, by definition, its most favourable ridge terrain (Section 1), a fleet-wide national average is more likely to understate than to overstate the site-level capacity factor; the base-case estimate should accordingly be read as a conservative rather than a central value, with the true corridor-specific figure plausibly toward the upper end of the sensitivity range examined in Section 2.5.

2.3. Avoided freshwater consumption

The annual avoided freshwater consumption ΔW (m^3) is calculated as the difference between the water that the displaced thermal generation would have consumed and the water consumed over the life cycle of the wind installation itself:

$$\Delta W = E \times (w\_thermal - w\_wind) \qquad (2)$$

where w denotes the life-cycle water consumption factor in m^3/MWh. The factors are taken from the harmonised estimates of Meldrum et al. (2013) and are constructed by summing that study's reported median values for the three life-cycle stages it distinguishes: fuel cycle, power plant equipment, and operations. For sub-critical pulverised coal with a recirculating cooling tower this gives 22 + 1 + 530 = 553 gal/MWh; for natural-gas combined cycle with a cooling tower, 4 + <1 + 210 ≈ 215 gal/MWh; and for onshore wind, 1 + <1 ≈ 1 gal/MWh. Values are converted at 1 US gallon = 3.785×10^{-3} m^3 and are listed in Table 1.

Two caveats attach to these factors. First, they are obtained by summing stage-wise medians, and the sum of medians is not itself the median of the total; the values are therefore central estimates rather than harmonized single figures, and the underlying stage-level ranges are wide - the operational stage for pulverized coal alone spans 200–1300 gal/MWh. This stage-level spread is not propagated into the results of Sections 3.1–3.3, which use the central water-use factors as point values; the figures reported there, including the sensitivity analysis of Section 2.5, therefore vary only with the capacity factor and should be read as central estimates conditional on the adopted water-use factors, not as a full uncertainty range. Values are carried to three significant figures for internal traceability between equations and tables rather than as a claim to that level of physical precision. Second, the natural-gas fuel-cycle value of 4 gal/MWh applies to conventional gas, whereas Meldrum et al. (2013) report 16 gal/MWh for shale gas; adopting the shale-gas pathway would raise the natural-gas life-cycle factor to approximately 227 gal/MWh (0.86 m^3/MWh) and the corresponding avoided volume by about 6%. The conventional-gas pathway is retained here as the base case, since Turkish gas supply is predominantly pipeline-delivered.

Meldrum et al. (2013) do not report lignite separately from hard coal, whereas domestic lignite accounts for a substantial share of Turkish coal-fired generation. Mekonnen et al. (2015) assign coal and lignite identical water footprints for the operational and construction stages and distinguish them only in the fuel-supply stage, which contributes a minor share of the total. The coal scenario is therefore taken to represent lignite-fired generation as well.

Operational water-use factors are reported separately, under their own system boundary, for comparison. Macknick et al. (2012) give median operational water consumption factors of 687 gal/MWh for generic coal with a cooling tower, 479 gal/MWh for sub-critical coal, 205 gal/MWh for natural-gas combined cycle with a cooling tower, and 0 gal/MWh for wind turbines. These operational values are not added to, nor plotted against, the life-cycle values of Table 1, because the two sets are defined over different system boundaries.

2.4. Avoided carbon dioxide emissions

The annual avoided emissions ΔC (t CO_2-eq) are obtained from the annual generation and the emission factor EF of the displaced generation:

$$\Delta C = E \times EF \qquad (3)$$

The base case uses the official average emission factor for Turkish electricity generation, 0.434 t CO_2-eq/MWh for 2023 (ETKB, 2024). Fuel-specific factors from the same source are used as bounding scenarios: 1.133 t CO_2-eq/MWh for lignite, 1.050 for hard coal, 0.803 for imported coal and 0.405 for natural gas. All emission factors are production-based and refer to gross generation. These are average, not marginal, emission factors; the avoided-emissions estimate therefore represents displacement of the generation mix as a whole rather than of the specific marginal plant that would in practice be dispatched down, and the true avoided quantity could differ from the figures reported here depending on which plant occupies that position at a given time.

2.5. Sensitivity analysis

The capacity factor is the input to which the results are most sensitive, since it enters both Equation (2) and Equation (3) linearly through E. It is therefore varied over the range 0.25–0.40 in steps of 0.05, holding all other parameters at their base-case values. Displaced-technology scenarios are reported as separate results throughout rather than combined into a single average, and graphical comparisons are restricted to quantities sharing the same system boundary.

Table 1. Input parameters and their sources.

Parameter	Value	Unit	Source
Installed capacity (reference)	100	MW	Assumed
Capacity factor (base case)	0.32	–	Derived from TÜREB (2025); Ember (2025)
Capacity factor (sensitivity range)	0.25–0.40	–	This study
Annual generation (base case)	280,320	MWh/yr	Equation (1)
Life-cycle water consumption, coal (PC, tower)	2.09	m^3/MWh	Meldrum et al. (2013)
Life-cycle water consumption, NGCC (tower)	0.81	m^3/MWh	Meldrum et al. (2013)
Life-cycle water consumption, onshore wind	0.004	m^3/MWh	Meldrum et al. (2013)
Emission factor, national average (2023)	0.434	t CO_2-eq/MWh	ETKB (2024)
Emission factor, lignite	1.133	t CO_2-eq/MWh	ETKB (2024)
Emission factor, natural gas	0.405	t CO_2-eq/MWh	ETKB (2024)

3. FINDINGS

3.1. Avoided freshwater consumption

With the base-case capacity factor of 0.32, the reference 100 MW installation generates 280,320 MWh per year. Applying Equation (2) with the life-cycle water consumption factors of Table 1 gives an avoided freshwater consumption of 5.86×10^5 m^3 per year where coal-fired generation is displaced and 2.27×10^5 m^3 per year where natural-gas combined-cycle generation is displaced (Table 2). Expressed per unit of generation, these correspond to 2.09 and 0.81 m^3/MWh respectively.

The life-cycle water consumption of the wind installation itself, 0.004 m³/MWh, amounts to 0.2% of the coal-fired alternative and 0.5% of the natural-gas alternative. The magnitude of the avoided volume is therefore governed almost entirely by which thermal technology is displaced, and hardly at all by the water requirement of the wind installation.

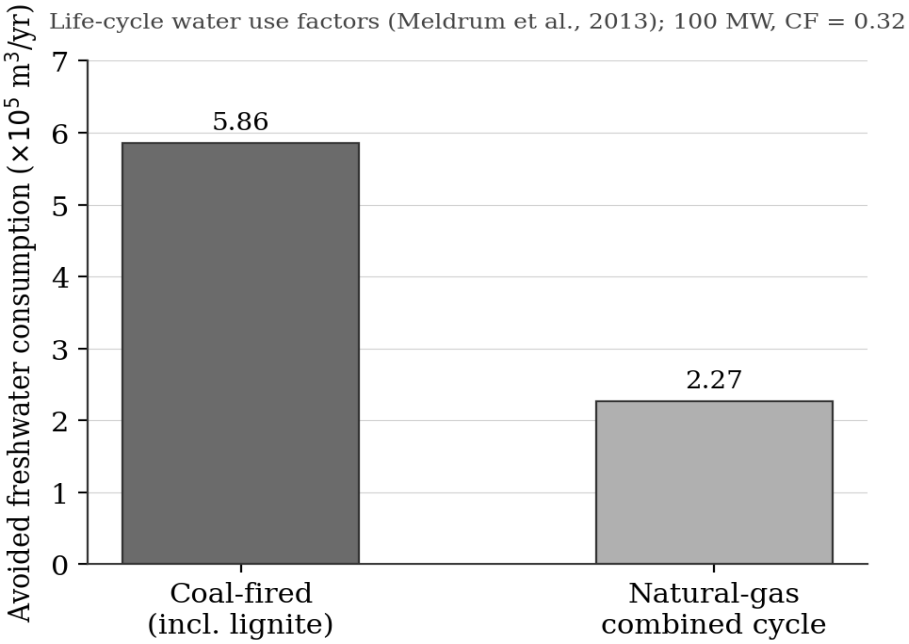


Figure 1. Avoided freshwater consumption by displaced technology, base case (100 MW; CF = 0.32; life-cycle water use factors from Meldrum et al., 2013).

3.2. Avoided carbon dioxide emissions

Equation (3) with the national average emission factor gives 1.22×10^5 t CO_2-eq per year. Under the fuel-specific bounding scenarios the result ranges from 1.14×10^5 t CO_2-eq for natural gas to 3.18×10^5 t CO_2-eq for lignite (Table 2). The spread between these bounds is a factor of 2.8, against a factor of 2.6 between the two water scenarios; the two indicators follow the same ordering, in that the technology whose displacement saves the most carbon also saves the most water.

Table 2. Base-case results for a 100 MW installation (CF = 0.32; E = 280,320 MWh/yr).

Quantity	Displaced generation	Value
Avoided freshwater consumption	Coal-fired (incl. lignite)	5.86×10^5 m³/yr
	Natural-gas combined cycle	2.27×10^5 m³/yr
Avoided CO_2-eq emissions	National generation average	1.22×10^5 t/yr
	Lignite	3.18×10^5 t/yr
	Hard coal	2.94×10^5 t/yr
	Imported coal	2.25×10^5 t/yr
	Natural gas	1.14×10^5 t/yr

3.3. Sensitivity to the capacity factor

Over the range 0.25–0.40, the avoided freshwater consumption varies between 4.58×10^5 and 7.32×10^5 m³ per year for the coal scenario and between 1.77×10^5 and 2.84×10^5 m³ per year for the natural-gas scenario, while the avoided emissions vary between 9.50×10^4 and 1.52×10^5 t CO_2-eq per year (Table 3). Because all three quantities are linear in the annual generation, a relative change in the capacity factor produces an equal relative change in every result: the range examined corresponds to −22% and +25% around the base case.

Table 3. Sensitivity of the results to the assumed capacity factor (100 MW installation).

CF	E (MWh/yr)	ΔW, coal (m³/yr)	ΔW, NGCC (m³/yr)	ΔC (t/yr)
0.25	219,000	4.58×10^5	1.77×10^5	9.50×10^4
0.30	262,800	5.49×10^5	2.13×10^5	1.14×10^5
0.32	280,320	5.86×10^5	2.27×10^5	1.22×10^5
0.35	306,600	6.41×10^5	2.48×10^5	1.33×10^5
0.40	350,400	7.32×10^5	2.84×10^5	1.52×10^5

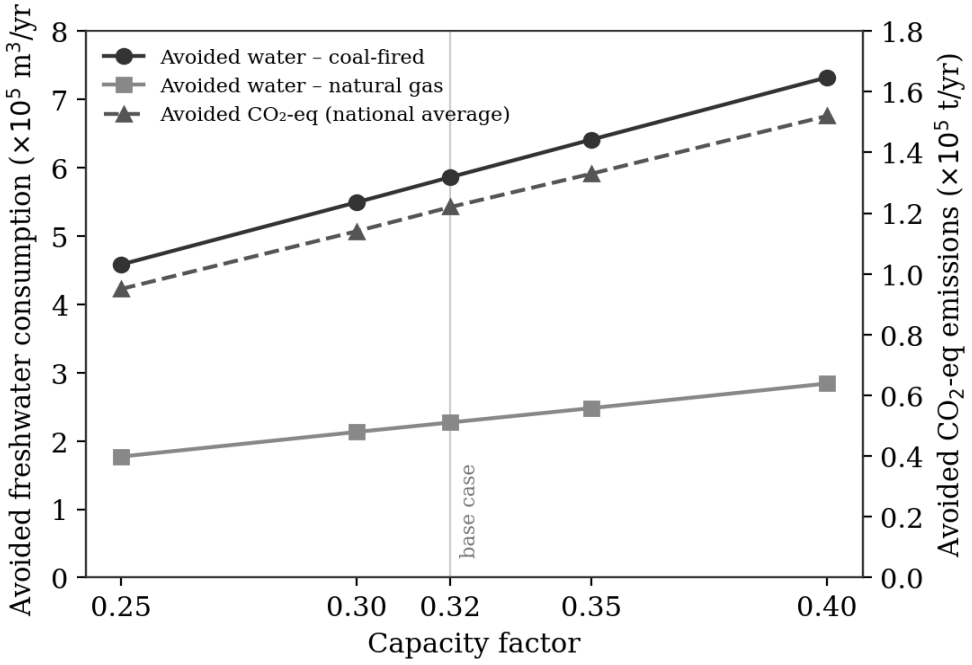


Figure 2. Sensitivity of avoided freshwater consumption and avoided CO_2-eq emissions to the assumed capacity factor (100 MW installation; national-average emission factor, ETKB, 2024).

3.4. Effect of the system boundary

When operational water consumption factors are used in place of life-cycle factors, the picture changes in a way that depends on the technology category selected. Using the sub-critical coal value of Macknick et al. (2012), 479 gal/MWh or 1.81 m³/MWh, and their natural-gas combined-cycle value of 205 gal/MWh or 0.78 m³/MWh, the avoided volumes become 5.07×10^5 and 2.18×10^5 m³ per year, that is 13% and 4% below the life-cycle results. If instead their generic coal category is used, 687 gal/MWh or 2.60 m³/MWh, the operational-only figure exceeds the life-cycle figure. The comparison therefore

reflects differences between the underlying datasets and technology categories at least as much as the difference in system boundary, which is why the two sets of factors are reported separately here and are never summed or plotted together.

3.5. Seasonal contrast in the wind resource

The annual-average results above treat generation as evenly distributed across the year, whereas the corridor's own wind record is strongly seasonal. Karsli and Geçit (2003) report a monthly mean wind speed of 2.99 m/s in January, against 13.75 m/s in August, around an annual mean of 7.27 m/s (Section 1). Wind power density scales with the cube of wind speed, $P(v) \propto v^3$, the relationship used in the theoretical framework of the same study. Applying this scaling to the reported monthly means gives an available power-density ratio between the peak and trough months of $(13.75/2.99)^3 \approx 97$, that is, the wind resource carries approximately two orders of magnitude more power in August than in January.

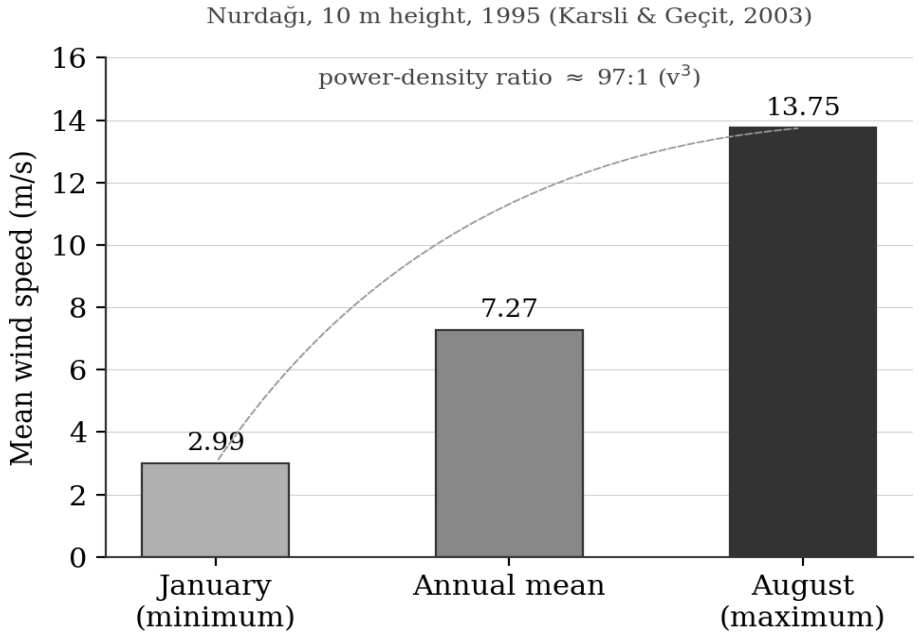


Figure 3. Seasonal contrast in the Nurdağı wind resource: monthly mean wind speed and the implied power-density ratio between the peak and trough months (Karsli and Geçit, 2003).

This figure is a first-order illustration based on mean monthly wind speed alone, not a monthly generation or avoided-water estimate. It does not account for the turbine power curve — output is capped above the rated wind speed and falls to zero below cut-in, typically around 3–4 m/s, so the January mean sits close to or below the threshold at which a turbine generates at all — nor for the corridor's Weibull shape parameter, reported by Karsli and Geçit (2003) as k = 1.38 for the annual distribution. A shape parameter below 2 indicates a wide, right-skewed distribution of wind speeds, for which the energy-weighted mean speed exceeds the arithmetic mean; if anything, this suggests the true seasonal skew in delivered energy is at least as pronounced as the simple v^3 estimate implies, since the distribution's high-speed tail contributes disproportionately to energy output. No monthly capacity-factor or turbine production data are available for this corridor to convert this ratio into a monthly avoided-water or avoided-emissions figure; Section 2.2 already notes that the capacity factor used elsewhere in this study is a national annual average rather than a site- or month-specific value.

The practical implication is that the avoided water and emissions calculated in Sections 3.1–3.3, while computed as annual totals, are not delivered evenly through the year: on the evidence of the corridor's own wind record, the great majority of the underlying generation — and hence of the avoided thermal cooling water — is concentrated in the summer months. Section 4 discusses why this coincides with the period of peak national electricity demand and of greatest pressure on freshwater resources.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

The dominant finding is that the freshwater benefit of a wind installation is determined by the counterfactual rather than by the wind technology itself. Wind consumes water almost exclusively during component manufacturing and construction,

and at 0.004 m³/MWh this is two to three orders of magnitude below the thermal alternatives. Any assessment of the water benefit of wind development is consequently an assessment of the generation mix it displaces, and is only as reliable as the assumption made about that mix. This is the reason the two displaced-technology scenarios are kept apart in this study instead of being merged into a single average figure.

Set against national totals, a single 100 MW installation is a marginal quantity. Shaikh et al. (2017) estimate the consumptive water use of the Turkish electricity sector at 3.92×10^{11} gallons, approximately 1.48×10^{9} m³, for 2015; the coal-displacement result obtained here is about 0.04% of that. The relationship is linear, however, so each additional gigawatt of wind capacity operating at the base-case capacity factor avoids approximately 5.86×10^{6} m³ of freshwater consumption per year where it displaces coal-fired generation. The national energy plan sets a target of 120 GW of combined wind and solar capacity by 2035, of which 48 GW is allocated to wind - 43 GW onshore and 5 GW offshore - roughly 3.5 times the wind capacity in place at the end of 2024 (TÜREB, 2025); the cumulative freshwater implication of that expansion, should it be realised, is of a different order from that of any single project.

A feature of this particular corridor deserves attention. Section 3.5 showed that the corridor's own wind record is strongly seasonal, with an available power-density ratio of approximately 97:1 between the peak month (August) and the trough month (January). Turkish electricity demand peaks in the same summer months: average temperature records were broken in June and July 2024, making them the hottest months of the previous 54 years, and this cooling-driven demand pushed annual consumption up by 5.5% (+18 TWh) relative to 2023 (Ember, 2025). Hydropower output that year was in fact the third-highest on record, so the demand increase was met primarily by higher wind, solar and imported fossil generation rather than by a hydropower shortfall. Drought nonetheless imposes a structural constraint on the system: year-to-year fluctuations in Turkish hydropower generation can exceed 20 TWh, more than 5% of national electricity consumption, and hydropower and natural-gas plants substitute directly for one another, so that a decline in hydropower output is compensated by increased gas-fired generation (Ember, 2026). Because gas-fired generation consumes water for cooling whereas wind does not, a dry year transfers part of the water burden from reservoirs to thermal cooling at precisely the moment when freshwater is scarcest. The corridor's wind resource is thus concentrated in the same months as peak cooling demand and, in dry years, as the greatest reliance on thermal generation to cover a hydropower shortfall; the annual totals in Sections 3.1–3.3 should accordingly be read as a lower bound on the value of the avoided water in those months, even though the present study does not convert the ratio in Section 3.5 into a monthly avoided-water figure, which would require turbine-specific production data not available for this corridor.

Several limitations should be borne in mind when interpreting the results. The capacity factor is a national fleet average rather than a site-measured value, which is why it is treated through a sensitivity range. The regional wind characterisation rests on a single year of measurement at 10 m above ground level (Karsli and Geçit, 2003) and on a 44-month record at a station situated in the plain rather than on the ridges (Yaniktepe et al., 2013); neither is a substitute for hub-height measurement at a candidate site; the Nurdağı record in particular was taken at 10 m thirty years ago and, as Karsli and Geçit (2003) themselves note, has not been extrapolated upward to the 80–120 m hub heights of modern turbines, so it is used here only qualitatively, to establish that the corridor carries a usable resource, and not as an input to the quantitative generation estimate. The water-use factors are drawn from studies compiled primarily from United States data, since no harmonised set of Turkish plant-level water-use factors has been published; the same class of factors was applied to Turkish generation scenarios by Shaikh et al. (2017), so the approach follows established practice in the national literature, but Turkish cooling configurations and climatic conditions will differ from the underlying sample. Finally, no published average water intensity exists for the Turkish generation mix, which is why the water results are given as displaced-technology scenarios while the emission results can additionally be given against the official grid average.

For planning purposes, the practical implication is that freshwater savings are a measurable and non-trivial co-benefit of wind development in a semi-arid country, and that they are largest precisely where the displaced generation is coal-fired and cooled by evaporative towers. Where wind and thermal capacity compete for the same regional water resource, the avoided water volume is a quantity that can be estimated with the same national statistics already used for emission accounting, and there is no methodological obstacle to including it in project appraisal.

This study estimated the freshwater and carbon dioxide benefits avoided by a representative 100 MW wind installation in the Osmaniye–Nurdağı wind corridor of southern Türkiye. At the base-case capacity factor of 0.32, the installation avoids an estimated 5.86×10^{5} m³ of freshwater consumption per year if it displaces coal-fired generation, or 2.27×10^{5} m³ per

year if it displaces natural-gas combined-cycle generation, together with 1.14–3.18 × 10^5 t CO_2-eq of avoided emissions depending on the fuel displaced. Three conclusions follow.

First, the water benefit of wind power is overwhelmingly a function of the technology it displaces rather than of the wind installation itself, whose own life-cycle water use is two to three orders of magnitude smaller than either thermal alternative. Second, the result scales linearly with installed capacity, so the corridor-wide and national implications of continued wind expansion in Türkiye are substantial even though a single project is a small quantity relative to national water use. Third, the corridor's own wind record shows an available power-density ratio of approximately 97:1 between the peak month (August) and the trough month (January) — an illustrative figure based on mean wind speed alone, not a monthly generation estimate — and this concentration coincides with the period of peak electricity demand and of greatest pressure on both thermal cooling water and national water resources — a further argument for regarding freshwater conservation as an explicit, quantifiable benefit of wind development in this location rather than an incidental one.

Future work could improve on three limitations of the present analysis: a site-specific capacity factor derived from hub-height measurement or turbine production data, in place of the national fleet average used here; a monthly-resolved generation and avoided-water model, built from turbine-specific production data, to convert the illustrative 97:1 seasonal power-density ratio identified in Section 3.5 into an actual monthly avoided-water and avoided-emissions profile; and, when such data become available, water-use factors derived from Turkish power plants and cooling configurations rather than from the predominantly United States-based literature used in this study.

REFERENCES

Ember (2025). Türkiye Electricity Review 2025. Ember, London. Available at: https://ember-energy.org/latest-insights/turkiye-electricity-review-2025/

Ember (2026). Türkiye Electricity Review 2026. Ember, London. Available at: https://ember-energy.org/latest-insights/turkiye-electricity-review-2026/

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı (2024). Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri Bilgi Formu (2023 yılı verileri). Doc. No. ETKB-EVÇED-FRM-042 Rev.01, revised 12 March 2024. Available at: https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/ÇevreVeİklim/İklimDeğişikliği/EmisyonFaktorleri/2023_Turkiye_Elektrik_UretimiveElektrik_Tuketim_Noktasi_Emisyon_Faktorleri.pdf

Karsli, V.M., Geçit, C. (2003). An investigation on wind power potential of Nurdağı-Gaziantep, Turkey. Renewable Energy, 28(5), 823–830. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00059-9

Macknick, J., Newmark, R., Heath, G., Hallett, K.C. (2012). Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. Environmental Research Letters, 7(4), 045802. https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/045802

Mekonnen, M.M., Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. (2015). The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. Environmental Science: Water Research & Technology, 1(3), 285–297. https://doi.org/10.1039/C5EW00026B

Meldrum, J., Nettles-Anderson, S., Heath, G., Macknick, J. (2013). Life cycle water use for electricity generation: a review and harmonization of literature estimates. Environmental Research Letters, 8(1), 015031. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015031

Shaikh, M.A., Kucukvar, M., Onat, N.C., Kirkil, G. (2017). A framework for water and carbon footprint analysis of national electricity production scenarios. Energy, 139, 406–421. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.124

TÜREB [Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği] (2025). Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu – Ocak 2025 (Özet Versiyon). Available at: https://cdn.tureb.tr/storage/20251208/019afdcb-8c92-73dd-9525-f001cefd1923.pdf

Yaniktepe, B., Koroglu, T., Savrun, M.M. (2013). Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Osmaniye, Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 703–711. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.005

ENDÜSTRİYEL KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE ARIZA OLASILIĞINA DAYALI ÜRETİM KAYBI VE GÜVENİLİRLİK MODELLEMESİ

Ali Talha UZUN[1] / Okan BİNGÖL[2*]

[1] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, l2530642018@isparta.edu.tr, 0009-0007-2378-3713

[2] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye okanbingol@isparta.edu.tr, 0000-0001-9817-7266

Özet

Bu çalışma, üç bölgeli ve PLC kontrollü konveyör sisteminin işletme aşamasındaki arıza davranışını, üretim kaybını ve kullanılabilirliğini nicel olarak incelemektedir. Bölgesel kontrol mantığı, sensör-motor-VFD bileşenleri ve işlevsel güvenlik yaklaşımı kullanılmıştır. Mevcut çalışmada aynı fiziksel mimari, seri sistem güvenilirliği açısından ele alınmıştır. Gerçek saha arıza kayıtları bulunmadığından, her bölge için teknik gerekçeye dayalı varsayımsal MTBF ve MTTR değerleri kullanılmıştır. Eşdeğer arıza hızı, kullanılabilirlik ve güvenilirlik fonksiyonları analitik olarak hesaplanmış; sonuçların belirsizliğini değerlendirmek üzere 10.000 yinelemeli Monte Carlo simülasyonu uygulanmıştır. Bulgular, sistemin yıllık ortalama 44,83 saat plansız duruş yaşadığını ve bunun teorik yıllık kapasitenin yaklaşık %0,51'ine karşılık geldiğini göstermektedir. En düşük MTBF değerine sahip Ara Transfer bölgesi toplam arızaların %42,3'ünü oluşturarak darboğaz olarak belirlenmiştir. Bu bölgeye önerilen soğuk yedek motor stratejisi, MTTR'yi 4,5 saatten 1,2 saate indirerek yıllık ortalama duruşu %37,6 azaltmıştır. Hassasiyet analizi, bakım ve yedekleme yatırımlarının darboğaz bileşene yöneltilmesinin, darboğaz olmayan bölgelerdeki iyileştirmelere göre daha yüksek kullanılabilirlik kazancı sağladığını ortaya koymaktadır. Çalışma, PLC kontrollü konveyör sistemlerinin tasarım aşamasındaki kontrol mimarisini işletme aşamasındaki stokastik güvenilirlik ve üretim kaybı analiziyle birleştirmektedir.

Anahtar kelimeler: MTBF, MTTR, Monte Carlo simülasyonu, soğuk yedek, seri sistem güvenilirliği

Abstract

This study quantitatively investigates failure behaviour, production loss, and availability during the operation of a previously designed three-zone PLC-controlled conveyor system. The previous project study defined the zonal control logic, sensor-motor-VFD components, and functional-safety approach; the present study assesses the same physical architecture from a series-system reliability perspective. As field failure records were unavailable, technically justified hypothetical MTBF and MTTR values were defined for each zone. Equivalent failure rate, availability, and reliability functions were calculated analytically, and a 10,000-iteration Monte Carlo simulation was performed to assess uncertainty. The results show an average annual unplanned downtime of 44.83 hours, corresponding to approximately 0.51% of theoretical annual capacity. The Intermediate Transfer zone, having the lowest MTBF, accounts for 42.3% of all failures and is identified as the bottleneck. A cold-standby motor strategy proposed for this zone reduces MTTR from 4.5 to 1.2 hours and decreases annual downtime by 37.6%. Sensitivity analysis indicates that directing maintenance and redundancy investments to the bottleneck component yields a greater availability gain than improvements in non-bottleneck zones. The study links the design-stage control architecture of PLC-controlled conveyor systems with stochastic reliability and production-loss analysis during operation.

Keywords: MTBF, MTTR, Monte Carlo simulation, cold standby, series system reliability

1. GİRİŞ

Endüstriyel otomasyon hatlarının sürekliliği, yalnızca kontrol algoritmasının doğruluğuna değil, alt bileşenlerin zaman içindeki arıza davranışına da bağlıdır. Önceki çalışmada, bölgesel kontrol mantığına dayalı üç bölgeli bir konveyör sisteminin işlevsel güvenliği (ISO 13849-1, PL-c) ve operasyonel verimliliği incelenmişti (Uzun & Bingöl 2026). Ancak literatürde, PLC tabanlı kontrol tasarımı ile sistemin işletme aşamasındaki stokastik arıza davranışının bir bütün olarak ele alındığı çalışmalar sınırlıdır; mevcut çalışmaların büyük bölümü ya yalnızca kontrol/emniyet mimarisine ya da yalnızca teorik güvenilirlik modellemesine odaklanmakta, ikisini aynı vaka üzerinden birleştirmemektedir. Bu çalışma, tam olarak bu araştırma boşluğunu hedefleyerek, önceki çalışmada tasarlanan somut bir PLC kontrollü sistemin üzerine stokastik güvenilirlik modellemesini inşa etmektedir. Bu çalışma, aynı sistemin zaman içindeki güvenilirlik davranışını ele almaktadır.

Deterministik güvenilirlik yaklaşımları, arıza oranını sabit ve öngörülebilir kabul eder; ancak gerçek saha koşullarında arıza zamanları rastlantısal bir dağılım izler. Güvenilirlik mühendisliğinde sistem durum geçişlerini modellemek için en yaygın kullanılan araçlardan biri sürekli zamanlı Markov zincirleridir; bu yöntem, onarılabilir sistemlerin asimptotik kullanılabilirlik oranlarını durum uzayı denklemleri üzerinden türetir (Birolini, 2017; Rausand & Høyland, 2004). Üstel dağılım tabanlı sabit arıza hızı varsayımı, bileşenin faydalı ömür evresinde bulunduğu kabulüyle, MTBF ve MTTR parametrelerinin doğrudan kullanılabilirlik hesabına (A = MTBF/(MTBF+MTTR)) dönüştürülmesini sağlar (Ebeling, 2010).

Monte Carlo simülasyonu, analitik çözümün varyansı yansıtamadığı durumlarda tercih edilir; ters dönüşüm örneklemesi ile üstel dağılımdan rastgele arıza anları üretilerek sistemin zamana yayılan davranışı gözlemlenebilir (Rubinstein & Kroese, 2016). Seri topolojiye sahip çok bileşenli sistemlerde, herhangi bir alt bileşenin arızası tüm hattı durdurduğundan, sistemin eşdeğer arıza hızı bileşen arıza hızlarının toplamına eşittir; bu da sistem MTBF'sinin en zayıf bileşenden bile düşük olmasına yol açar (Birolini, 2017; Rausand & Høyland, 2004). Darboğaz bileşen için soğuk yedek donanım stratejisi, ISO 14224 arıza taksonomisiyle uyumlu bir müdahale biçimi olarak literatürde sıkça önerilmektedir (International Organization for Standardization [ISO], 2016); bu strateji, yedek ünitenin yalnızca arıza anında devreye girmesi nedeniyle onarım süresini doğrudan kısaltır. ISO 14224:2016 standardı, temelde petrol, doğal gaz ve petrokimya endüstrilerinde kullanılan ekipmanların güvenilirlik ve bakım verilerinin ortak, dijitalleştirilebilir bir formatta toplanmasını düzenleyen uluslararası bir taksonomi standardıdır. Bu çalışmada standart, ekipman/arıza sınıflandırma mantığının endüstriyel ölçekte karşılaştırılabilir bir çerçeveye oturtulması amacıyla referans alınmıştır; spesifik bir veri şeması veya sertifikasyon süreci uygulanmamıştır. IEC 60300-3-1 standardı ise güvenilirlik analiz tekniklerine ilişkin metodolojik kılavuzlar sunmaktadır (International Electrotechnical Commission [IEC], 2003).

Bu çalışmanın özgün katkısı, önceki çalışmada tasarlanan somut ve gerçek bir PLC kontrollü konveyör sistemini temel alarak, bu sistemin zaman içindeki güvenilirlik davranışını bölge bazlı MTBF/MTTR varsayımları ve N=10.000 iterasyonlu bir Monte Carlo simülasyonuyla nicel olarak modellemesi ve bu modele dayalı somut bir yedekleme yatırım kararını nicel olarak gerekçelendirmesidir. Bu katkı dört bileşenden oluşmaktadır:

- Üç bölgeli seri sistem için bölge bazlı MTBF/MTTR varsayımlarına dayalı analitik bir güvenilirlik modeli kurulması.
- Bu modelin N=10.000 iterasyonlu bir Monte Carlo simülasyonuyla fiilen doğrulanması.
- Darboğaz bölge için soğuk yedek motor stratejisinin nicel olarak değerlendirilmesi.
- Hassasiyet analiziyle iyileştirme yatırımlarının nereye yönlendirilmesi gerektiğinin gösterilmesi. Çalışmada kullanılan tüm MTBF/MTTR girdileri, gerçek saha ölçümü bulunmadığından, teknik gerekçeye dayalı varsayımlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Güvenilirlik Matematiksel Formülasyonu

Onarılabilir bir sistemin kullanılabilirlik katsayısı, sistemin görev yapabilir durumda kaldığı sürenin toplam süreye oranı olarak tanımlanır. Sabit arıza ve onarım hızları varsayımı altında kullanılabilirlik Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Ebeling, 2010).

$$A = MTBF / (MTBF + MTTR) = \mu / (\lambda + \mu) \quad (1)$$

Burada λ = 1/MTBF arıza hızını, μ = 1/MTTR ise onarım hızını ifade eder. Bileşenlerin faydalı ömür evresinde olduğu ve arıza hızlarının sabit kaldığı varsayımı altında t süresindeki kusursuz çalışma olasılığı Eşitlik (2) ile verilmiştir.

$$R(t) = e^{(-\lambda t)} \quad (2)$$

Sistemin çalışır ve arızalı durumları arasındaki geçişler, sürekli zamanlı Markov modeli ile de ifade edilebilir. Bu modelde kararlı durum çözümü, Eşitlik (1) ile aynı kullanılabilirlik sonucuna ulaşır.

$$dP_0(t)/dt = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (3a)$$

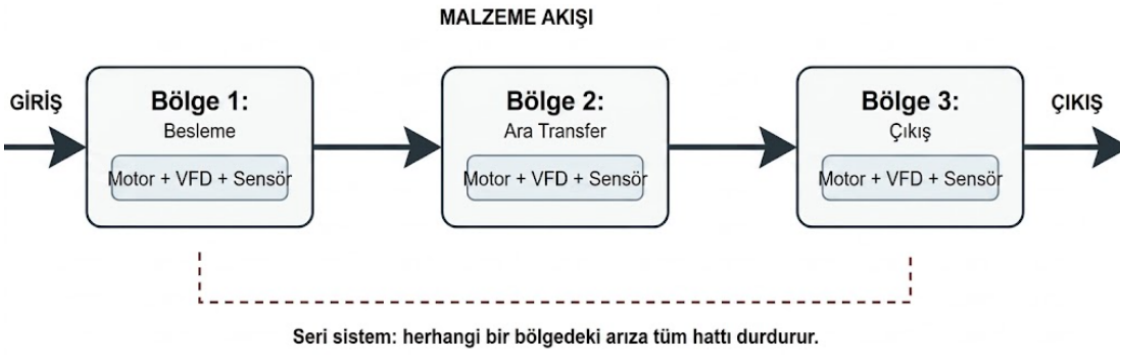
$$dP_1(t)/dt = \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) \quad (3b)$$

2.2. Seri Sistem Modeli

İncelenen konveyör hattı; Besleme, Ara Transfer ve Çıkış olmak üzere üç ardışık bölgeden oluşmaktadır. Bir bölgedeki motor, sensör veya sürücü arızası malzeme akışını tamamen durdurduğundan sistem seri topoloji olarak modellenmiştir. Seri sistemde eşdeğer arıza hızı bileşen arıza hızlarının toplamıdır (Rausand & Høyland, 2004).

$$\lambda_{sistem} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad (4)$$

Şekil 1'de bu üç bölgenin seri güvenilirlik blok diyagramı gösterilmiştir; zincirdeki herhangi bir bloğun arızalanması akışı bütünüyle durdurduğundan, sistemin eşdeğer güvenilirliği daima en zayıf bloktan (Bölge 2) da düşüktür.



Şekil 1. Üç bölgenin seri güvenilirlik blok diyagramı

Sistemin eşdeğer MTBF değeri toplam arıza hızının tersiyle, sistem MTTR değeri ise arıza hızıyla ağırlıklandırılmış ortalama ile hesaplanmıştır.

$$MTBF_{sistem} = 1 / \lambda_{sistem} \quad (5)$$

$$MTTR_{sistem} = (\Sigma \lambda_i \cdot MTTR_i) / \lambda_{sistem} \quad (6)$$

2.3. Varsayımsal Girdi Parametreleri

Gerçek saha arıza verisi bulunmadığından her bölge için teknik gerekçeye dayalı varsayımsal MTBF ve MTTR değerleri kullanılmıştır. Önceki proje çalışmasında Ara Transfer bölgesinin ZPA mantığı nedeniyle daha sık ivmelenme ve yavaşlama çevrimine maruz kaldığı belirtilmiştir (Uzun & Bingöl 2026). Bu nedenle Bölge 2 için en düşük MTBF ve en yüksek MTTR değeri seçilmiştir. Parametreler; Bölge 1 için 2400 saat ve 3,0 saat, Bölge 2 için 1700 saat ve 4,5 saat, Bölge 3 için 2600 saat ve 3,2 saat olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de bölge bazlı varsayımsal güvenilirlik parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Bölge bazlı varsayımsal güvenilirlik parametreleri

Bölge	MTBF (saat)	MTTR (saat)	λ (1/saat)
Bölge 1 (Besleme)	2400	3,0	0,000417
Bölge 2 (Ara Transfer)	1700	4,5	0,000588
Bölge 3 (Çıkış)	2600	3,2	0,000385

Eşitlik (4)-(6) kullanıldığında sistemin analitik eşdeğer MTBF değeri 719,67 saat, arıza hızı ağırlıklı ortalama MTTR değeri 3,690 saat ve kullanılabilirlik katsayısı 0,9949 olarak bulunmuştur.

2.4. Monte Carlo Simülasyon Algoritması

Analitik hesap yalnızca beklenen değeri verdiğinden, arıza zamanlarındaki değişkenliği incelemek amacıyla 10.000 yinelemeli Monte Carlo simülasyonu uygulanmıştır. Her yinelemede bölgelerin bir sonraki arıza zamanları ters dönüşüm örneklemesiyle üretilmiş, en erken arıza zamanı seçilmiş ve ilgili MTTR kadar duruş sisteme eklenmiştir (Rubinstein & Kroese, 2016).

$$T_{arıza} = -MTBF \cdot \ln(U) \quad (7)$$

Burada U, [0,1] aralığında sürekli tekdüze dağılıma sahip rastgele değişkendir. Sözde kod ve çalıştırılan Python kodu, ekran görüntüsü yerine aşağıda aynı kod biçiminde verilmiştir.

Kod 1. Monte Carlo simülasyonunun sözde kodu

```
ALGORİTMA: Yıllık duruş simülasyonu
for yineleme in 1..10000:
    zaman = 0; toplam_duruş = 0
    while zaman < 8760:
        her bölge için tarıza = -MTBF × ln(U) üret
        en erken arızalanan bölgeyi seç
        zaman = zaman + en_erken_arıza_zamanı
        toplam_duruş = toplam_duruş + seçilen_bölge_MTTR
    toplam_duruş değerini kaydet
ortalama, standart sapma ve %95 güven aralığını hesapla
```

Kod 2. Monte Carlo simülasyonunun Python kodu

```
import numpy as np


def ariza_zamani(mtbf, rng):
    return -mtbf * np.log(rng.random())
```

```
def yillik_durus(mtbf, mttr, rng, yil_saati=8760):
    zaman, durus = 0.0, 0.0
    while zaman < yil_saati:
        sonraki = [ariza_zamani(x, rng) for x in mtbf]
        bolge = int(np.argmin(sonraki))
        zaman += sonraki[bolge]
        if zaman < yil_saati:
            durus += mttr[bolge]
    return durus
```

2.5. Soğuk Yedek Motor Stratejisi

Analitik ve simülasyon sonuçlarının Bölge 2'yi darboğaz olarak işaret etmesi nedeniyle bu bölge için soğuk yedek motor mimarisi değerlendirilmiştir. Yedek motor normal koşulda enerji altında beklemez; ana motordaki arızadan sonra PLC algılama, kontaktör anahtarlama ve yedek motorun kararlı hıza ulaşma sürelerinin toplamı etkin onarım süresini oluşturur.

$$MTTR_{yedekli} = t_{geçiş} + t_{devreye} = 0{,}2 + 1{,}0 = 1{,}2 \text{ saat} \quad (8)$$

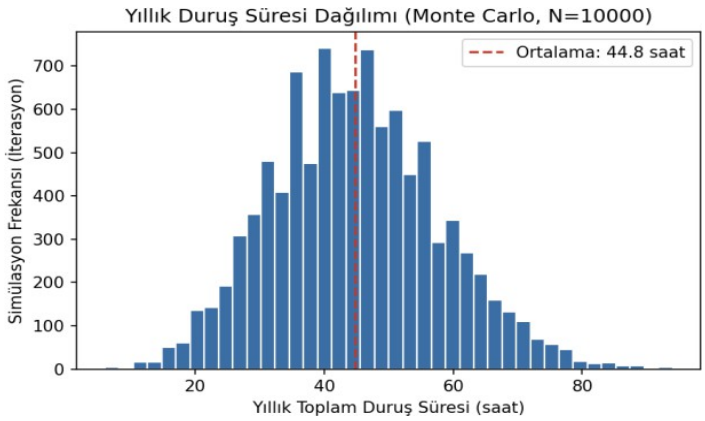
3. BULGULAR

Analitik hesaplama ile Monte Carlo simülasyonu yakın sonuçlar üretmiştir. Analitik modelde yıllık ortalama duruş 44,92 saat, simülasyonda ise 44,83 saat olarak bulunmuştur. Bağıl farkın %1'in altında kalması, kurulan modelin iç tutarlılığını desteklemektedir. Analitik (deterministik) hesaplama ile Monte Carlo simülasyonu çıktıları Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Analitik yöntem ve Monte Carlo simülasyonu karşılaştırması

Metrik	Analitik	Monte Carlo	Bağıl Hata
Yıllık ort. arıza sayısı	12,17	12,15	%0,17
Yıllık toplam duruş (saat)	44,92	44,83	%0,20
Kullanılabilirlik (A)	0,9949	0,9949	~%0

Monte Carlo sonuçlarında yıllık ortalama duruş süresi 44,83 saat, standart sapma 12,98 saat ve %95 güven aralığı 44,58-45,08 saat olarak hesaplanmıştır. Saatlik nominal kapasite 240 paket/saat kabul edildiğinde bu duruş, yıllık teorik kapasitenin yaklaşık %0,512'sine, yani yaklaşık 10.759 paketlik üretim kaybına karşılık gelmektedir. Şekil 2'de N=10.000 iterasyonun yıllık duruş süresi dağılımı histogram olarak sunulmuştur.



Şekil 2. Yıllık duruş süresi dağılımı (Monte Carlo, N=10.000)

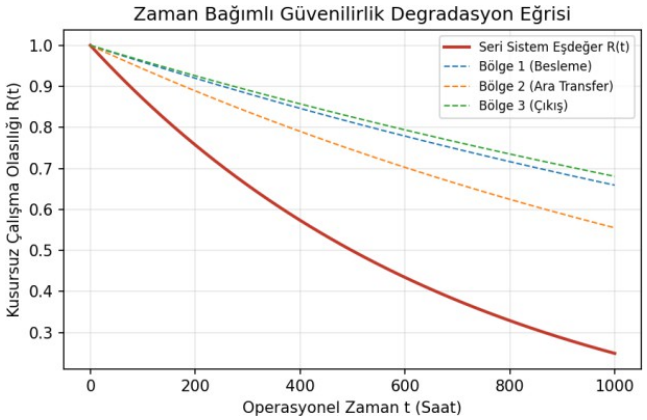
Bölge bazlı arıza payları sırasıyla Bölge 1 için %30,2, Bölge 2 için %42,3 ve Bölge 3 için %27,5'tir. Bu bulgu, en düşük MTBF değerine sahip Bölge 2'nin sistem darboğazı olduğunu göstermektedir. Tablo 3'de N=10.000 iterasyonda bölge bazlı toplam arıza sayısı ve payı gösterilmiştir.

Tablo 3. N=10.000 iterasyonda bölge bazlı toplam arıza sayısı ve payı

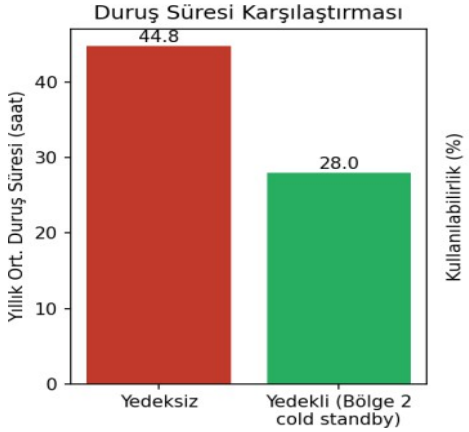
Bölge	Toplam Arıza (N=10.000)	Pay (%)
Bölge 1 (Besleme)	36.735	%30,2
Bölge 2 (Ara Transfer)	51.370	%42,3
Bölge 3 (Çıkış)	33.414	%27,5

Eşitlik (2) hem sistem geneli hem bölge bazında hesaplandığında, Şekil 3'teki zaman bağımlı degradasyon eğrileri elde edilmiştir. Hesaplamaya göre sistemin 500 saatlik çalışma sonrası kusursuz çalışma olasılığı R(500) = %49,9 düzeyine gerilemektedir.

Şekil 3. Zaman bağımlı güvenilirlik degradasyon eğrisi R(t)

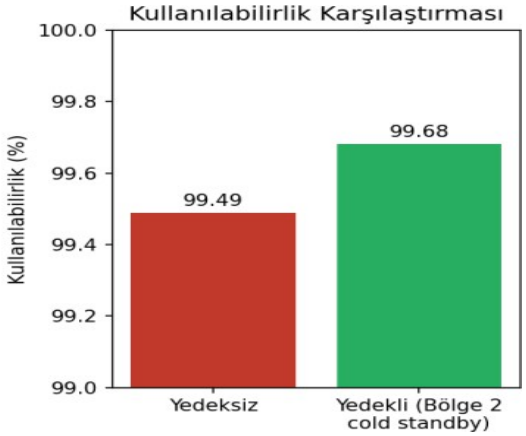


Soğuk yedek motor senaryosunda Bölge 2'nin MTTR değeri 1,2 saate düşürülmüştür. Bu durumda yıllık ortalama duruş 44,83 saatten 27,98 saate gerilemiş, kullanılabilirlik 0,9949'dan 0,9968'e yükselmiş ve üretim kaybı oranı %0,512'den %0,319'a inmiştir. Böylece yaklaşık 4.044 paket/yıl ek kapasite elde edilmiştir. Şekil 4'te yedeksiz ve yedekli senaryoların duruş süresi karşılaştırması sunulmuştur. Şekil 5'te yedeksiz ve yedekli senaryoların kullanılabilirlik karşılaştırması sunulmuştur. Tablo 4'te yedeksiz ve yedekli sistemin detaylı karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 4. Yedeksiz ve yedekli senaryoların duruş süresi karşılaştırılması

Şekil 5. Yedeksiz ve yedekli senaryoların kullanılabilirlik karşılaştırılması



Tablo 4. Yedeksiz ve yedekli sistemin detaylı karşılaştırılması

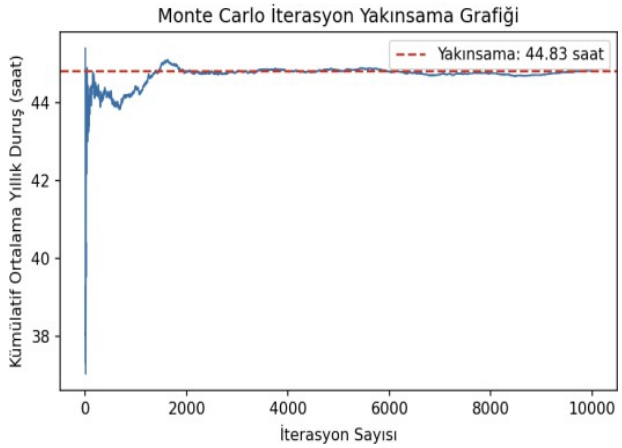
Metrik	Yedeksiz	Yedekli (Bölge 2)
Yıllık ort. duruş (saat)	44,83	27,98
Standart sapma (saat)	12,98	8,61
Kullanılabilirlik (A)	0,9949	0,9968
Üretim kaybı oranı	%0,512	%0,319
Yıllık kazanılan kapasite (paket)	—	4.044

Hassasiyet analizinde aynı yedekleme yatırımı farklı bölgelere uygulanmıştır. Bölge 1 ve Bölge 3'e uygulanan yedekleme kullanılabilirlikte sırasıyla +0,0007 ve +0,0008 artış sağlarken, Bölge 2'ye uygulanan yedekleme +0,0019 artış oluşturmuştur. Buna göre yatırımın doğru bölgeye yönlendirilmesi, diğer iki bölgeye kıyasla yaklaşık 2,4-2,7 kat daha yüksek kullanılabilirlik kazancı sağlamaktadır. Aynı yedekleme yatırımının farklı bölgelerde uygulanması sonucu Tablo 5'te özetlenmiştir.

Tablo 5. Aynı yedekleme yatırımının farklı bölgelere uygulanmasına ilişkin sonuçlar

Yedeklenen Bölge	Yıllık Duruş (saat)	Kullanılabilirlik (A)	Δ A
Bölge 1 (darboğaz değil)	38,39	0,9956	+0,0007
Bölge 3 (darboğaz değil)	38,10	0,9957	+0,0008
Bölge 2 (darboğaz)	27,98	0,9968	+0,0019

Şekil 6'da kümülatif ortalama duruş süresinin iterasyon sayısına göre yakınsaması gösterilmiştir.



Şekil 6. Kümülatif ortalama duruş süresinin iterasyon sayısına göre yakınsaması

4. TARTIŞMA

Analitik sonuç ile Monte Carlo simülasyonu arasındaki düşük fark, sabit arıza hızı ve bağımsız arıza varsayımları altında modelin tutarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte simülasyon yaklaşımı, yıllık duruş süresinin yalnızca ortalamasını değil, olası dağılımını ve güven aralığını da sunması bakımından karar verme sürecine ek bilgi sağlar (Rubinstein & Kroese, 2016).

Bölge 2'nin darboğaz olarak belirlenmesi, seri topolojili sistemlerde eşdeğer güvenilirliğin kritik bileşen tarafından belirlendiği kuramsal beklentiyle uyumludur (Rausand & Høyland, 2004). Soğuk yedek motor stratejisi, doğrudan arıza hızını değiştirmeden onarım süresini azaltarak sistem kullanılabilirliğini yükseltmiştir. Ancak bu sonuç, anahtarlama mekanizmasının kusursuz çalıştığı varsayımına dayanmaktadır. Gerçek uygulamalarda anahtarlama güvenilirliği, yedek motorun durumu ve bakım prosedürleri ayrıca modele dâhil edilmelidir (Ragheb et al., 2025).

4.1. Yedekli Sistem Yatırım Analizi

Yedekli sistem yatırımının ekonomik etkisini göstermek amacıyla örnek bir geri ödeme senaryosu oluşturulmuştur. Yedek motor ve VFD sürücüsü maliyeti 1.000 $, kontaktör, kablolama ve PLC I/O entegrasyonu maliyeti 300 $ olarak varsayılmış; toplam yatırım tutarı 1.300 $ kabul edilmiştir. Yedekleme senaryosunun yılda 4.044 paket ek kapasite sağladığı ve paket başı katma değerin 0,20 $ olduğu varsayımı altında geri ödeme süresi Eşitlik (9) ile hesaplanmıştır.

$$T_{\text{geri-ödeme}} = \text{Yatırım} / (\text{Kazanılan Kapasite} \times \text{Kâr Marjı}) = 1.300 / (4.044 \times 0{,}20) \approx 1{,}61 \text{ yıl} \quad (9)$$

Bu varsayımsal senaryoda yedekleme yatırımı yaklaşık 1,61 yılda, yani yaklaşık 19 ayda geri ödenmektedir. Hesap, gerçek satın alma maliyeti, enerji fiyatı, kâr marjı ve üretim talebine bağlı olarak değişeceğinden karar öncesinde işletmeye özgü verilerle güncellenmelidir.

Çalışmanın başlıca sınırlılığı, MTBF, MTTR ve devreye alma sürelerinin gerçek saha ölçümüne dayanmamasıdır. Ayrıca üstel dağılım sabit arıza hızını varsaymakta ve aşınma kaynaklı değişimleri temsil etmemektedir. Gelecekte gerçek PLC arıza günlüklerinin toplanması, Weibull tabanlı arıza modellerinin denenmesi ve bakım maliyetlerinin işletmeye özgü verilerle hesaplanması önerilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, önceki proje çalışmasında tasarlanan üç bölgeli PLC kontrollü konveyör sistemi, seri sistem güvenilirliği yaklaşımıyla analitik ve simülasyon tabanlı olarak değerlendirilmiştir. Ara Transfer bölgesi, en düşük MTBF değeri ve en yüksek arıza payı nedeniyle sistem darboğazı olarak belirlenmiştir. Bu bölgeye uygulanan soğuk yedek motor stratejisinin yıllık ortalama duruşu %37,6 azalttığı ve kullanılabilirlikte anlamlı artış sağladığı görülmüştür. Bulgular, bakım ve yedekleme yatırımlarının tüm bileşenlere eşit dağıtılması yerine, arıza hızı yüksek kritik bileşenlere yöneltilmesi gerektiğini göstermektedir. Modelin geçerliliğinin güçlendirilmesi için gelecekte gerçek saha verileriyle kalibrasyon yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Birolini, A. (2017). Reliability engineering: Theory and practice (8th ed.). Springer.

Ebeling, C. E. (2010). An introduction to reliability and maintainability engineering (2nd ed.). Waveland Press.

International Electrotechnical Commission. (2003). Dependability management—Part 3-1: Application guide—Analysis techniques for dependability—Methodological guidelines (IEC Standard No. 60300-3-1:2003). https://webstore.iec.ch/en/publication/1294

International Organization for Standardization. (2016). Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO Standard No. 14224:2016). https://www.iso.org/standard/64076.html

Ragheb, N. M., Solouma, E., Alahmari, A. A., & Saber, S. (2025). Reliability and availability analysis of a two-unit cold standby system with imperfect switching. Axioms, 14(8), 589. https://doi.org/10.3390/axioms14080589

Rausand, M., & Høyland, A. (2004). System reliability theory: Models, statistical methods, and applications (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Rubinstein, R. Y., & Kroese, D. P. (2016). Simulation and the Monte Carlo method (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Uzun, A. T, & Bingöl, O. (2026). Bölgesel kontrol yaklaşımı ile konveyör sistemlerinde güvenlik ve operasyonel performans analizi. I. ACARIS Uluslararası Yedi Tepe Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, İstanbul, Türkiye

BÖLGESEL KONTROL YAKLAŞIMI İLE KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE GÜVENLİK VE OPERASYONEL PERFORMANS ANALİZİ

Ali Talha UZUN[1] / Okan BİNGÖL[2*]

[1] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, l2530642018@isparta.edu.tr, 0009-0007-2378-3713

[2] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye okanbingol@isparta.edu.tr, 0000-0001-9817-7266

Özet

Bu çalışmada, endüstriyel üretim hatlarında kullanılan konveyör sistemleri için bölgesel kontrol yaklaşımına dayalı bir güvenlik ve performans analizi sunulmaktadır. Factory I/O ortamında gerçekleştirilen simülasyonda üç bölgeli bir konveyör sistemi, Mitsubishi GX Works3 ile programlanan FX5U PLC üzerinden kontrol edilmiştir. PLC ile simülasyon arasındaki gerçek zamanlı veri akışı MX OPC Server arayüzü ile sağlanmıştır. Nesne algılamada yayınım tipi optik sensörler kullanılmış; Sıfır Basınç Birikimi (ZPA) mantığına dayanan bölgesel hız kontrolü, sensör çakışma senaryoları, acil durdurma prosedürleri ve güvenli duruş mesafesi hesaplamaları ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Sistem, üç farklı test senaryosu ile değerlendirilmiştir: sürekli paket beslemesi altında bölgesel kontrollü çalışma, sabit hızlı referans çalışma ve kasıtlı üçlü sensör çakışması senaryosu. ISO 13849-1 risk değerlendirmesi kapsamında sistem Performans Seviyesi c (PL-c) kriterlerine göre tasarlanmıştır. Elde edilen bulgular; bölgesel denetimin yığılma çözülme süresini 10,0 saniyeye düşürdüğünü, çarpışma risk oranını sabit hızlı referans senaryodaki %2,5 seviyesinden %0,0'a indirdiğini ve fonksiyonel güvenlik tasarımının 0,525 m'lik güvenli duruş mesafesiyle çarpışmaları tamamen ortadan kaldırdığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Konveyör sistemi, bölgesel kontrol, güvenli duruş mesafesi, sensör çakışması, PLC programlama, ISO 13849-1, PL-c.

SAFETY AND OPERATIONAL PERFORMANCE ANALYSIS IN CONVEYOR SYSTEMS WITH REGIONAL CONTROL APPROACH

Abstract

This study presents a safety and performance analysis based on a regional control approach for conveyor systems used in industrial production lines. In a simulation conducted in the Factory I/O environment, a three-zone conveyor system was controlled via a Mitsubishi FX5U PLC programmed with GX Works3. Real-time data exchange between the PLC and the simulation was provided through the MX OPC Server interface. Diffuse-type optical sensors were used for object detection, and a regional speed control logic based on Zero Pressure Accumulation (ZPA) principles, sensor conflict scenarios, emergency stop procedures, and safe stopping distance calculations were examined in detail. The system was evaluated under three test scenarios: regional controlled operation under continuous package feeding, constant-speed reference operation, and deliberate triple sensor conflict. The system was designed according to Performance Level c (PL-c) criteria within the scope of ISO 13849-1 risk assessment. The findings indicate that regional control reduces the congestion recovery time to 10,0 seconds, lowers the collision risk rate from 2,5% in the constant-speed reference scenario to 0,0%, and the functional safety design completely eliminates collisions with a safe stopping distance of 0,525 m.

Keywords: Conveyor system, regional control, safe stopping distance, sensor conflict, PLC programming, ISO 13849-1, PL-c

1. GİRİŞ

Endüstriyel konveyör sistemleri, otomotivden lojistiğe kadar geniş bir yelpazede malzemelerin taşınmasında kritik bir rol oynar. Ancak, sabit hızlı geleneksel hatlar; yığılma, çarpışma ve ani duruşlara bağlı mekanik yıpranma gibi ciddi işletme zorlukları oluşturur. Konveyörlerin fiziksel dayanımları ve tasarım sınırları üzerine Fayed ve Skocir (Fayed ve Skocir, 1997) tarafından önemli çalışmalar yapılsa da otomatik kontrol ve emniyet algoritmalarının bu süreçlere etkisi genellikle göz ardı edilmiştir. Diğer taraftan, endüstride motor sürücüleriyle sağlanan bölgesel kontrol yaklaşımları verimliliği artırmak için yaygın olarak tercih edilmektedir (Mitsubishi Electric, 2022).

Bölgesel kontrol, hattı bağımsız bölümlere ayırarak her bir bölge için ayrı hız ve güvenlik tanımlamaları yapmayı mümkün kılar. Bu yöntem, bir arıza veya tıkanıklık anında tüm hattı durdurmak yerine sadece ilgili bölgeyi izole etmeyi sağlar (Mitsubishi Electric, 2022). Groover (Groover, 2020), otomasyon hatlarında bu tarz modüler hücre denetimlerinin hata yönetimindeki avantajlarını ortaya koymuştur. Böylece hat üzerindeki lokal yığılmalar, gerideki besleme konveyörleri kademeli yavaşlatılarak tüm hattı durdurmadan çözülebilir.

Endüstriyel uygulamalarda bu kontrol mantığı Sıfır Basınç Birikimi (ZPA) olarak da bilinir. ZPA yapısında her segmentin kendi sensörü ve sürücüsü bulunur; bir paket ancak önündeki bölge boşaldığında ilerleyebilir ve bu sayede paketlerin birbirine çarpması önlenir (Hall, 2001). Ristic vd. (Ristic vd., 2012) ise konveyörlerdeki dinamik hız kontrolünün, sabit hızlı çalışmaya göre enerji tüketiminde ciddi tasarruf sağladığını göstermiştir.

Makine tasarımında emniyet sistemlerinin güvenilirliği için ISO 13849-1 standardı temel referans olarak alınır (ISO 13849-1, 2015). Ayrıca sistemin genel risk analizlerinde ISO 12100 standardından yararlanılmaktadır (ISO 12100, 2010). Smith (Smith, 2021), lojistik merkezlerinde iş emniyeti ile üretim hızının dengelenmesini incelemiş; Al-Shehabi (Al-Shehabi, 2023) ise simülasyon tabanlı sanal devreye alma yöntemlerinin güvenlik fonksiyonlarının doğrulanmasındaki verimliliğini göstermiştir.

Bölgesel hız anahtarlamalı ZPA (Zero Pressure Accumulation) mimarisinin donanım düzeyinde nasıl kurgulanabileceği, giriş bölgesinde düşük hızda çalışıp hedef konuma yaklaşıldığında ikinci bir düşük hıza geçilmesini öngören patentli tasarımlarla da desteklenmektedir (Nagai, 2009); bu yaklaşım, mevcut çalışmada uygulanan çok kademeli hız gradyanı (v3> v2> v1) mantığının endüstriyel bir dayanağı olduğunu göstermektedir. Öte yandan, ISO 13849-1 kapsamında gerekli Performans Seviyesinin (PLr) belirlenmesi literatürde genellikle deneme-yanılma temelli, zaman alıcı bir süreç olarak eleştirilmektedir; Porras-Vázquez ve Romero-Pérez (Porras-Vázquez ve Romero-Pérez, 2018), bu süreci sistematikleştiren yeni bir tasarım metodolojisi önererek maliyet ve güvenlik arasındaki dengenin daha hızlı kurulabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada izlenen risk değerlendirme ve PL-c doğrulama adımları da benzer sistematik bir yaklaşımı temel almaktadır.

Fakat mevcut çalışmaların çoğu konuyu tek bir boyuttan ele almıştır. Bir kısım araştırma sadece mekanik verimliliğe odaklanırken, diğerleri sadece fonksiyonel güvenliği incelemiştir. Bölgesel hız denetimi ile ISO 13849-1 tabanlı emniyet doğrulamasının tek bir PLC kontrol yapısı üzerinde birleştirildiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bildiride, iki boyut tek bir simülasyon kurgusunda bir araya getirilerek aralarındaki ilişki ve performans çıktıları ölçülmüştür.

Bu çalışmada, üç konveyör segmentinden oluşan bölgesel kontrollü bir sistem Factory I/O ortamında modellenmiş ve Mitsubishi FX5U PLC ile programlanmıştır. Çalışmada, optik sensör yerleşimlerinin duruş mesafeleri üzerindeki etkileri, bölgesel hız adaptasyonları, sensör çakışma durumları ve sistemin ISO 13849-1 standartlarına uygunluğu simülasyon verileriyle test edilmiştir.

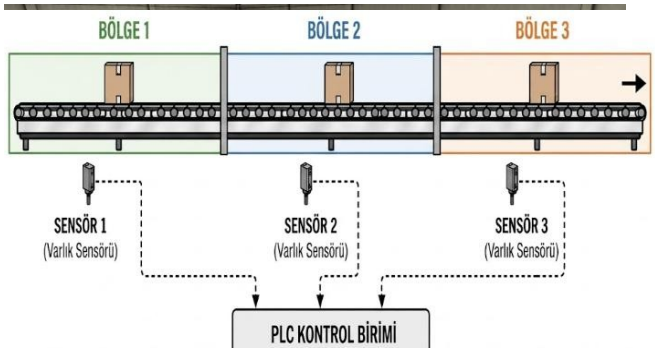
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Bölgesel Kontrol Mimarisi

Bölgesel konveyör hatları, tek bir uzun konveyör yerine hattın motor ve sensörlerle bağımsız bölümlere ayrılması esasına dayanır. Her bölgenin sonuna yerleştirilen diffüz optik sensörler, gelen paketi algılayarak PLC üzerinden ilgili motorun hızını yönetir. ZPA kontrol mantığıyla çalışan bu sistemlerde yükler arasında temas engellenir (Hall, 2001).

Sistemde enerji tasarrufu sağlamak için sadece üzerinde paket olan konveyör motorları çalıştırılır; boş bölgeler ise bekleme konumuna alınır (Utz, 2000). Hat yeniden devreye girerken, ani akım çekilmelerini önlemek amacıyla sıralı bir başlatma algoritması izlenir; önce hat sonu, ardından sırasıyla gerideki konveyörler çalıştırılır. Sistemin 3D Factory I/O modeli Şekil 1'de, kontrol akış şeması ise Şekil 2'de sunulmuştur.

Şekil 1. Üç bölgeli konveyör sistemi Factory I/O 3D modeli



Şekil 2. Bölgesel hız denetimi ve emniyet kontrol akış şeması

2.2. Sistemin Genel Yapısı

Üç bölgeli konveyör sisteminde her bölgenin sonuna, yani bölgeden çıkış noktasına bir adet yayınım tipi sensör yerleştirilmiştir. Bu konumlandırma stratejisinin gerekçesi şöyledir:

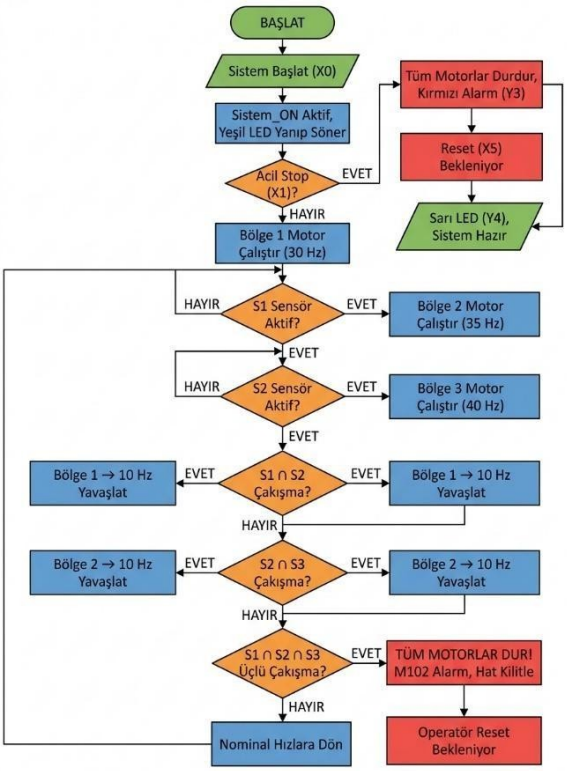
Bölge sonu algılaması: Sensör, nesnenin bir bölgeyi tamamlayıp bir sonrakine geçmek üzere olduğunu tespit eder. Bu bilgi, bir sonraki bölgenin motorunu önceden devreye almak için kullanılır.

Yığılma tespiti: Sensör aktifken bir sonraki bölgenin sensörü de aktifse çakışma durumu oluşmuştur; bu PLC'ye yığılma sinyali verir.

Güvenli duruş referansı: SSD hesabında sensör konumu, sistemin durması gereken noktanın başlangıç referansını oluşturur.

Sensör montaj yüksekliği, konveyör bandı yüzeyinden 5–10 mm yukarıda olacak şekilde ayarlanmıştır; bu sayede bant yüzeyi algılanmaz, yalnızca üzerindeki nesneler dedekte edilir (Sick AG, 2022).

Sistemin genel akış şeması şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Sistemin genel akış şeması

2.3. Donanım ve Yazılım Altyapısı

Deneysel çalışma kapsamında üç bölgeli konveyör hattı, Mitsubishi FX5U PLC kontrolörü kullanılarak kurgulanmıştır. Kontrol yazılımı olarak GX Works3 tercih edilmiş, testler ise Factory I/O v2.5 simülasyon yazılımı üzerinden sanal devreye alma yöntemiyle yapılmıştır (Real Games, 2023). PLC ile simülasyon arasındaki gerçek zamanlı veri akışı MX OPC Server arayüzü ile sağlanmıştır. Sinyal etiketleri Tablo 1'de listelenmiştir.

Tablo 1. Sinyal etiketleri

Adres	Tür	Sinyal Adı	Açıklama
Dijital Girişler (X)			
X0	Giriş	START butonu	Sistemi başlatır; Sistem_ON bitini mühürler
X1	Giriş	E-STOP butonu	Acil durdurma; tüm motorları durdurur, alarm aktif
X2	Giriş	Sensör S1 (Bölge 1 çıkışı)	Bölge 1 sonunda nesne algılama
X3	Giriş	Sensör S2 (Bölge 2 çıkışı)	Bölge 2 sonunda nesne algılama
X4	Giriş	Sensör S3 (Bölge 3 çıkışı)	Bölge 3 sonunda nesne algılama
X5	Giriş	RESET butonu	Alarm sıfırlama; sistemi yeniden başlatmaya hazırlar

Dijital Çıkışlar (Y)			
Y0	Çıkış	Konveyör 1 motoru (Bölge 1)	Bölge 1 motor sürücü komutu
Y1	Çıkış	Konveyör 2 motoru (Bölge 2)	Bölge 2 motor sürücü komutu
Y2	Çıkış	Konveyör 3 motoru (Bölge 3)	Bölge 3 motor sürücü komutu
Y3	Çıkış	Kırmızı alarm lambası	Acil durdurma / hat dolu alarm göstergesi
Y4	Çıkış	Sarı uyarı lambası	Reset sonrası sistem hazır göstergesi
Y5	Çıkış	Yeşil çalışma lambası	Sistem çalışıyor göstergesi (SM412 ile flaşör)
Veri Saklayıcılar (D)			
D0	Veri	Bölge 1 frekans referansı	Nominal: 30 Hz; çakışmada: 10 Hz
D2	Veri	Bölge 2 frekans referansı	Nominal: 35 Hz; çakışmada: 10 Hz
D4	Veri	Bölge 3 frekans referansı	Nominal: 40 Hz
Dahili Röle ve Özel Bitler (M / SM)			
M0	Dahili	Sistem_ON (çalışma kilitleme biti)	START ile set, E-STOP ile reset
M102	Dahili	Hat tam dolu alarm biti	S1 ∩ S2 ∩ S3 üçlü çakışma alarmı
SM402	Özel	İlk tarama biti	PLC açılışında D0, D2, D4 başlangıç değer ataması
SM412	Özel	1 s flaşör (saat rölesi)	Yeşil lambanın yanıp sönme kontrolü

2.4. Optik Sensörlerin Temel Çalışma İlkeleri

Optik sensörler, endüstride nesnelerin varlığını temassız olarak algılamak için kullanılır. Temel prensip, bir vericiden yayılan ışın demetinin (kızılötesi veya lazer) bir nesneye çarpıp alıcıya geri dönmesi veya kesintiye uğraması esasına dayanır (Sick AG, 2022). Mekanik temas gerektirmemeleri, yüksek tekrar hassasiyeti, uzun ömür ve hızlı tepki süreleri (0,5- 5 ms) sayesinde konveyör hatlarında standart bir bileşen haline gelmiştir.

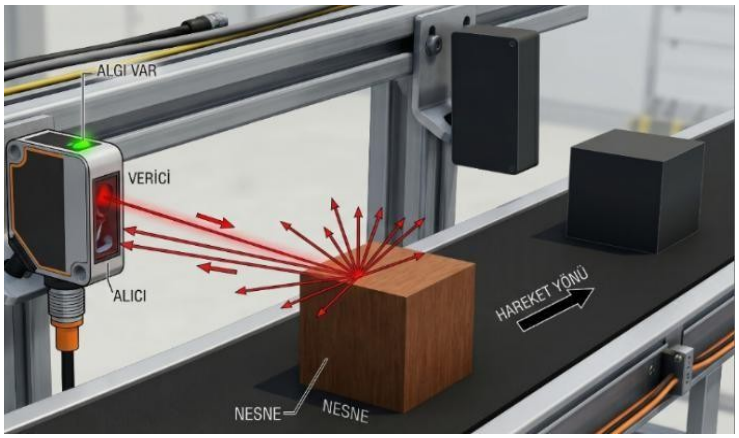
Endüstriyel uygulamalarda en yaygın kullanılan üç optik sensör tipi bulunmaktadır. Tablo 2'de endüstriyel fotoelektrik sensör tiplerinin karşılaştırmalı analizi gösterilmiştir.

Tablo 2. Endüstriyel fotoelektrik sensör tiplerinin karşılaştırmalı analizi

Tür	Çalışma Prensibi	Avantaj	Sınırlama
Karşılıklı (Through-beam)	Verici ve alıcı karşı karşıya; nesne ışın demetini kesiyor	En yüksek algılama güvenilirliği	İki montaj noktası gerekir
Retroreflektif (Reflective)	Tek gövde; ışın reflektör levhaya çarpıp geri döner; nesne yolu keser	Tek taraflı montaj	Parlak yüzeylerde hatalı algılama riski
Yayınım tipi — Diffuse	Verici ve alıcı aynı gövdede; ışın nesneden yansıyarak kendi alıcısına döner	Kurulum kolaylığı; karşıya montaj gerekmez	Algılama mesafesi daha kısa; nesne rengine bağımlı

Çalışmada kullanılan diffuse (yayınım tipi) sensörün çalışma prensibi ışın yayımı, yansıma, eşik karşılaştırması ve dijital çıkış üretimi adımlarından oluşur (Sick AG, 2022). Şekil 4'de yayınım tipi optik sensörün algılama ve yansıma prensibi gösterilmiştir.

Şekil 4. Yayınım tipi (diffuse) optik sensörün algılama ve yansıma prensibi



Çalışma adımları şöyle özetlenebilir:

Adım — Işın Yayımı: Sensör gövdesindeki IR LED, ayarlanan algılama mesafesine kadar ışın demetini yayar.

Adım — Yansıma: Algılama alanına bir nesne girdiğinde IR ışını nesnenin yüzeyinden yansır ve alıcı fotodiyoda ulaşır.

Adım — Eşik Karşılaştırma: Alıcıdaki foton miktarı, sensörün dahili karşılaştırıcısında ayarlı eşik değeri ile kıyaslanır.

Adım — Dijital Çıkış: Eşik aşıldığında sensör çıkışı HIGH konumuna geçer ve bu sinyal doğrudan PLC dijital girişine iletilir.

Nesne algılama alanından çıktığında yansıyan foton miktarı eşiğin altına düşer ve çıkış LOW konumuna döner. Bu geçiş süresi (yanıt süresi) tipik endüstriyel sensörlerde 0,5 ms ile 5 ms arasında değişmektedir (Sick AG, 2022).

2.5. Konveyör Bölge Yapısı ve Motor Parametreleri

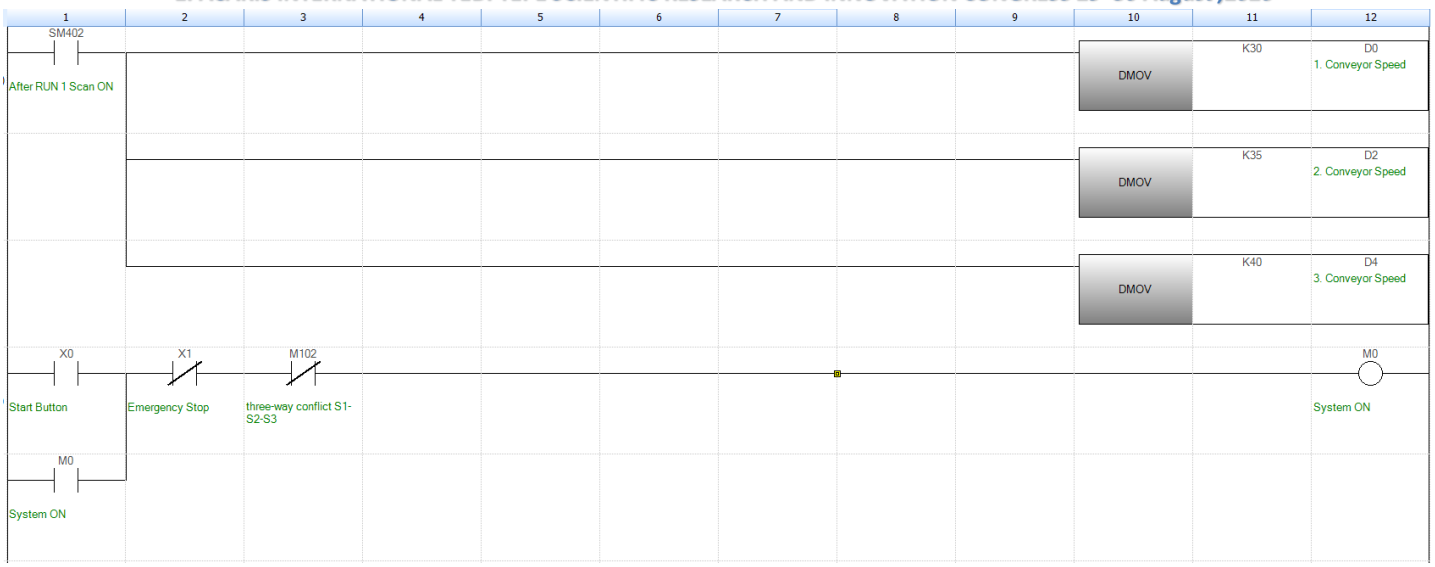
Sistemimiz Bölge 1 (besleme), Bölge 2 (transfer) ve Bölge 3 (çıkış) olmak üzere üç konveyörden oluşmaktadır. Her konveyörün bağımsız AC motoru ve inverteri (VFD) bulunmaktadır. Motor ve bölge parametreleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Üç bölgeli konveyör sistemi motor ve VFD parametreleri

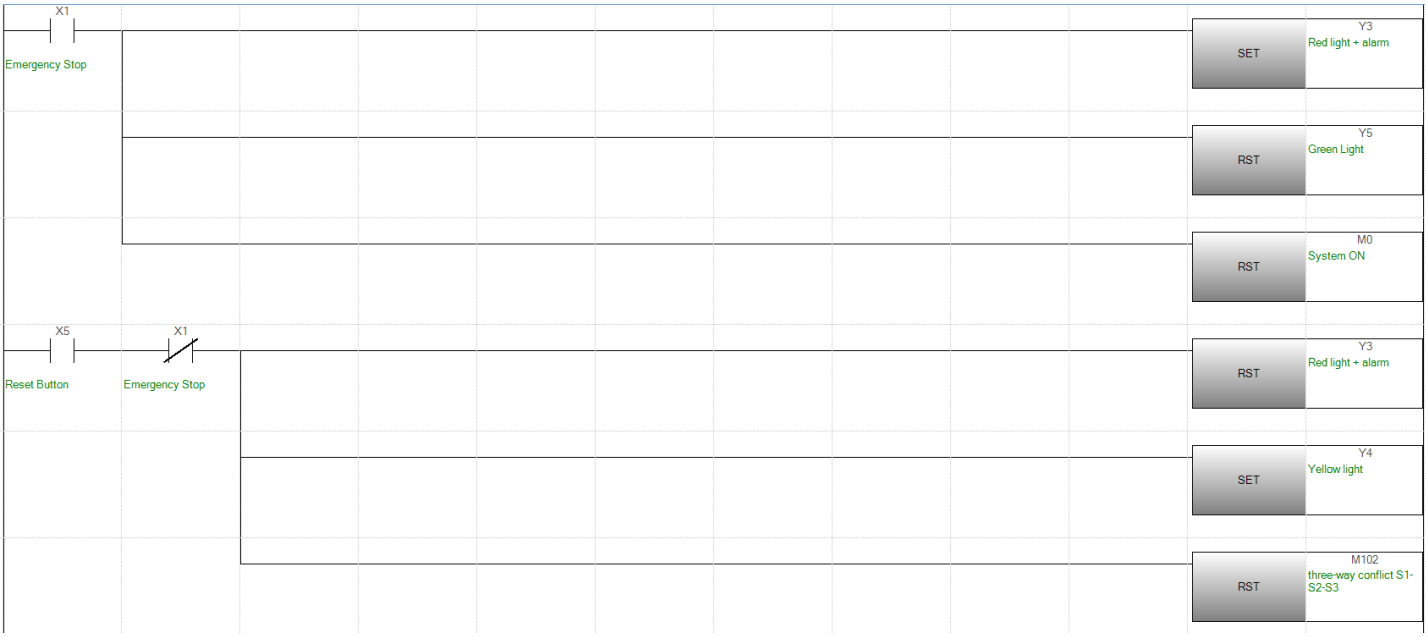
Bölge	Motor Hızı (Hz)	Sensör	Görev
Bölge 1	30	S1 — Diffuse Sensor (bölge sonu)	Besleme / Giriş
Bölge 2	35	S2 — Diffuse Sensor (bölge sonu)	Ara Transfer
Bölge 3	40	S3 — Diffuse Sensor (bölge sonu)	Çıkış / Boşaltma

2.6. PLC Program Yapısı

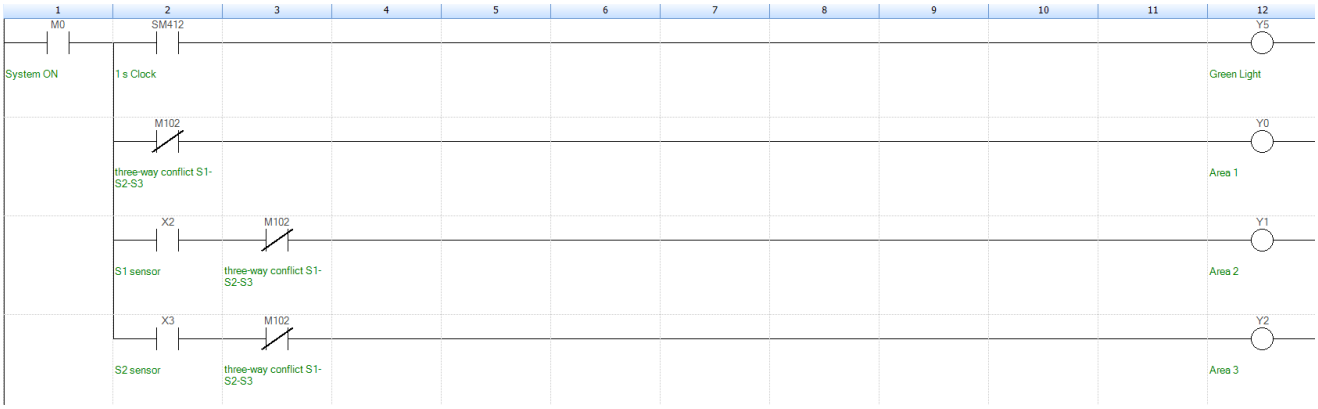
Kontrol yazılımı Mitsubishi GX Works3 üzerinde Ladder diyagramı ile geliştirilmiştir. Sistem, başlatma-durdurma, motor kontrolü, sensör okuma ve çakışma kontrolü olmak üzere modüler ağlardan oluşmaktadır. I/O adres listesi Tablo 1'de sunulmuştur. PLC açılışında motorların nominal hız referans değerlerinin (D0, D2, D4) atanması ise, ilk tarama çevriminde bir kez aktif olan SM402 özel biti kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sistem başlatma ve konveyör hız atamaları şekil 5'de gösterilmiştir. Operatör X0 butonuna bastığında 'Sistem_ON' biti mühürlenir ve yeşil ışık (Y5) SM412 saat rölesiyle 1 saniye aralıklarla yanıp sönmeye başlar. X1 acil durdurma (E-Stop) butonuna basıldığında ise sistem anında durdurulur, yeşil ışık söner ve kırmızı alarm ışığı (Y3) aktif olur. Acil durdurma sonrasında sistemin tekrar çalışması için operatörün önce acil stop butonunu açması, ardından X5 reset butonuna basarak alarmları temizlemesi gerekir. Reset işlemiyle sarı ışık (Y4) yanar ve sistem çalışmaya hazır hale gelir. Acil stop ve reset butonu tanımlamaları şekil 6'da gösterilmiştir. Konveyörlerin çalıştırılması ve sensörlere göre motor kontrol ladder diyagramı Şekil 7'de verilmiştir. Sistem devreye girdiğinde ilk konveyör motoru çalışır. Bölge sonlarındaki sensörler (X2, X3) paket algıladığında önlerindeki motorları devreye alarak akışı sürdürür. Bölge 1 ile Bölge 2 sensörleri aynı anda paket algılarsa, birikmeyi önlemek için Bölge 1 motorunun çalışma frekansı inverter üzerinden 30 Hz'den 10 Hz'e düşürülür. Aynı şekilde Bölge 2 ve Bölge 3 sensörleri çakıştığında Bölge 2 motorunun frekansı 35 Hz'den 10 Hz'e çekilir. Sensörlerin önü boşaldığında ise motorlar nominal çalışma hızlarına geri döner. Sensör çakışma kontrol satırları Şekil 8'de sunulmuştur. Üç sensörün aynı anda aktif olması hat üzerinde tam yığılma olduğunu gösterir ve güvenlik amacıyla tüm motorlar durdurularak M102 alarm biti set edilir. Bu durumda kırmızı alarm lambası flaşör modunda çalışır ve operatör müdahale edip reset butonuna basana kadar sistem kilitli kalır. Şekil 9'da 3 sensörün çakışması durumundaki ladder diyagramı gösterilmiştir.



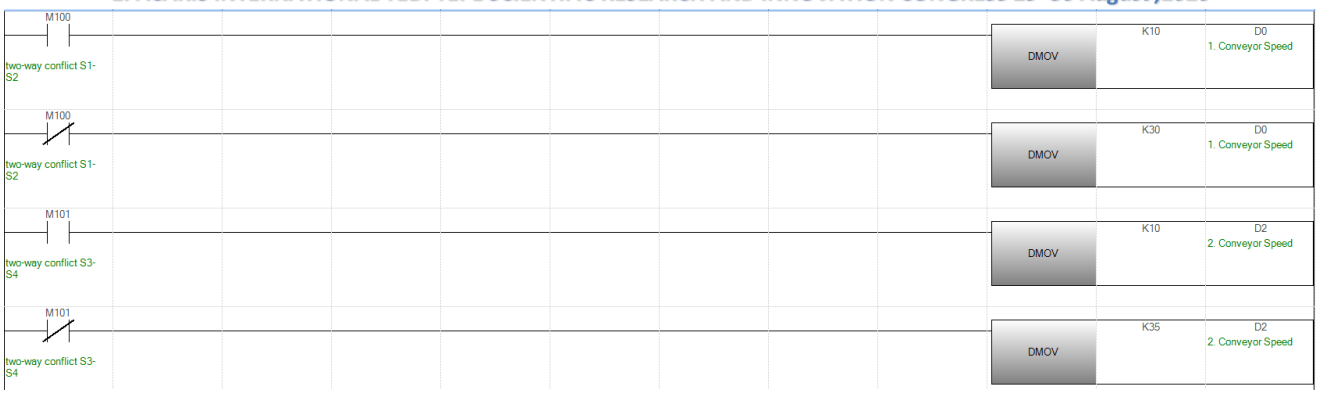
Şekil 5. Sistem Başlatma ve Konveyör Hız Atamaları Ladder Diyagramı



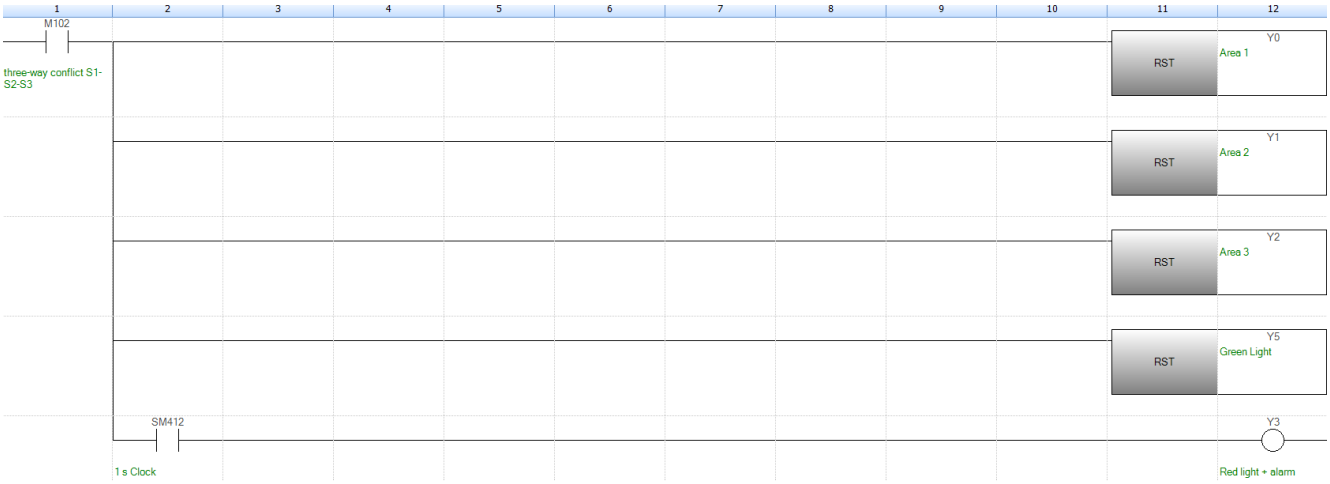
Şekil 6. Acil Stop ve Reset Butonu Tanımlamaları



Şekil 7. Konveyör Motorlarının Çalıştırılması ve Sensörlere Göre Motor Kontrol Ladder Diyagramı



Şekil 8. Sensör Çakışması Ladder Diyagramı



Şekil 9. 3 Sensörün Çakışması Durumundaki Ladder Diyagramı

2.7. Sensör Çakışma Analizi ve Yığılma Önleme

Sensör çakışması; iki veya daha fazla sensörün eş zamanlı nesne algıladığı durumu ifade eder. Bu durum, hat üzerinde birden fazla nesnenin bulunduğuna ve bölgeler arası geçişin kritik bir eşiğe ulaştığına işaret eder. Tablo 4'de çakışma durumları için hız adaptasyonu ve PLC çıkış senaryoları gösterilmiştir.

Tablo 4. Çakışma durumları için hız adaptasyonu ve PLC çıkış senaryoları

Çakışma	Fiziksel Anlam	PLC Tepkisi
S1 ∩ S2	Nesne Bölge 1 sonunda ve Bölge 2'de eş zamanlı	Bölge 1 hızı 10 Hz'e düşürülür; Bölge 2 ve 3 nominal hızda devam eder
S2 ∩ S3	Çıkış bölgesinde tıkanma riski	Bölge 2 hızı 10 Hz'e düşürülür; Bölge 3 tam hız boşaltır
S1∩S2∩S3	Hat tam dolu — kritik durum	Tüm motorlar durur; operatör alarmı — PL-c kapsamında güvenli durum

S1 ∩ S2 ∩ S3 üçlü çakışması tam hat doluluk koşulunu temsil eder; ISO 13849-1 PL-c'nin tanımladığı "güvenli durum" (safe state) prensibi gereği tüm tahrik sistemlerinin durdurulması ve operatör onayı olmaksızın yeniden başlatmanın engellenmesi zorunludur (ISO 13849-1, 2015).

2.8. Güvenlik Tasarımı ve ISO 13849-1 Değerlendirmesi

Fonksiyonel güvenlik, kontrol sistemlerinin ve yazılımların arıza anında sistemi güvenli bir duruma çekebilme yeteneğidir (ISO 13849-1, 2015). Bu çalışmadaki konveyör sistemi için yapılan risk analizinde; olası kazaların hasar şiddeti (S1), maruziyet sıklığı (F1) ve tehlikeden kaçınma olasılığı (P1) değerlendirilerek ISO 13849-1 standardına göre gerekli performans seviyesi PL-c olarak belirlenmiştir. Tablo 5'de ISO 13849-1 standardı tanımlı performans Seviyeleri ve Tablo 6'da emniyet risk Değerlendirmesi ve gerekli performans (PLR) matrisi gösterilmiştir. Kısaca: "Sistem arızalandığında ya da tehlikeli bir durum oluştuğunda ne yapacağını biliyor mu?" sorusunun cevabıdır. ISO 13849-1, makine güvenliğine ilişkin uluslararası bir standarttır. Tam adı "Makine Güvenliği – Kontrol Sistemlerinin Güvenlikle İlgili Parçaları" şeklindedir. Standart bir kontrol sisteminin güvenlik işlevini ne kadar güvenilir yerine getirilebildiğini ölçmek için a'dan e'ye kadar beş performans seviyesi tanımlamaktadır. (ISO 13849-1, 2015)

Tablo 5. ISO 13849-1 standardı tanımlı performans seviyeleri

PL	Tehlikeli Arıza Olasılığı (saat^{-1})	Tipik Risk Ortamı	Hasar Türü
PL-a	$\geq 10^{-5}$	Çok düşük risk	Hafif / geçici yaralanma
PL-b	$< 10^{-5} - \geq 3\times10^{-6}$	Düşük risk	Geri dönüşümlü yaralanma
PL-c	$< 3\times10^{-6} - \geq 10^{-6}$	Orta risk (bu çalışma)	Geri dönüşümlü yaralanma
PL-d	$< 10^{-6} - \geq 10^{-7}$	Yüksek risk	Geri dönüşümsüz yaralanma
PL-e	$< 10^{-7}$	Çok yüksek risk	Ölüm riski

Tablo 6. Emniyet risk değerlendirmesi ve gerekli performans (PLR) matrisi

Parametre	Seçilen Değer	Açıklama	Gerekçe
S — Şiddet	S1	Geri dönüşümlü yaralanma	Hat hızı 0,5 m/s; kinetik enerji düşük; sıkışma durumunda parmak/el yaralanması olası, ölüm riski yok
			Operatör hat kenarında çalışır fakat elle müdahale sıklığı düşüktür; otomatik

F — Maruziyet	F1	Seyrek / nadiren	sistem
P — Önlenebilirlik	P1	Önlenebilir	Yavaş hat; operatör tehlikeyi fark edip kaçabilir; acil durdurma butonu erişilebilir konumda
Sonuç	PLr = c	Orta risk — PL-c yeterli	S1 + F1 + P1 kombinasyonu ISO 13849-1 risk grafiğine göre PLr = c sonucunu verir

PL-c, saat başına tehlikeli arıza olasılığının 3×10^{-6} ile 10^{-6} arasında tutulmasını gerektirir. Karşılaştırma yapmak gerekirse; PL-d ve PL-e gereksinimleri genellikle robot hücreleri, hidrolik presler ve yüksek hızlı kesme makineleri gibi ölüm ya da kalıcı sakatlık riski taşıyan sistemlerde aranmaktadır. Bu konveyör sistemi için PL-c hem teknik olarak yeterli hem de uygulanabilir düzeydedir.

2.9. Acil Durdurma Kategorileri ve Güvenlik Senaryoları

IEC 60204-1 standardı kapsamında acil durdurma işlemleri üç farklı kategoride sınıflandırılır (IEC 60204-1, 2016). Taşınan yüklerin savrulmasını ve mekanik şokları engellemek amacıyla bu sistemde Kategori 1 kontrollü duruş uygulanmıştır (Rockwell Automation, 2019). Acil stop sinyali alındığında motorların frekans referansı hızla sıfıra çekilir, sistem durduğunda ise enerji kesilerek yeniden başlama kilidi aktif edilir.

Kategori 0: Hemen enerji kesilmesi; motorlar anında durur.

Kategori 1: Motor güvenli hıza inene kadar tahrik sürer, ardından enerji kesilir.

Kategori 2: Motor enerji altında yavaşlatılır, tahrik sistemi enerjili kalır. Bu seçim aynı zamanda PL-c gereksinimi ile uyumludur; zira kontrollü duruş, öngörülemeyen ikincil tehlikeleri (yük savrulması) azaltır.

1. Adım: Tüm bölgelerdeki motorların referans frekansını anında 0 Hz'e çekilir.
2. Adım: Alarm sinyali yanar.
3. Adım: Yeniden başlatma yalnızca E-Stop sıfırlama + reset butonuyla mümkündür.

2.10. Güvenli Duruş Mesafesi (SSD) Hesabı

SSD hesaplaması, güvenli duruş mesafesi hesaplama yöntemine dayanılarak yapılmıştır (Pilz, 2020):

$$SSD = S1 + S2 = v\cdot tr + v^2/(2a) \quad (1)$$
$$a = v/td = 0{,}5/1{,}5 = 0{,}333\ m/s^2 \quad (2)$$
$$S1 = 0{,}5\times0{,}3 = 0{,}150\ m \quad (3)$$
$$S2 = 0{,}5^2/(2\times0{,}333) = 0{,}375\ m \quad (4)$$
$$SSD = 0{,}525\ m \quad (5)$$

Tablo 7'de SSD hesaplamasında kullanılan gecikme ve tepki süresi bileşenleri gösterilmiştir.

Tablo 7. SSD hesaplamasında kullanılan gecikme ve tepki süresi bileşenleri

Bileşen	Süre (ms)	Açıklama
Sensör yanıt süresi (ts)	30	Diffuse optik algılama + EMC filtresi ve kablo gecikmesi
PLC tarama döngüsü (tscan)	10	FX5U worst-case tarama süresi
İnverter tepki süresi (tinv)	60	VFD frekans komutu işleme gecikmesi
Fren devreye girme süresi (tbrake)	200	Mekanik fren aktivasyon süresi
Toplam tepki süresi (tr)	300	ts + tscan + tinv + tbrake

2.11. Sensör Gecikmesinin Üretime ve Emniyete Etkisi

Tablo 7'de görüldüğü gibi sensörün kendi yanıt süresi (ts) 30 ms seviyesindedir; ancak PLC tarama süresi, invertör tepki süresi ve fren devreye girme süresi eklendiğinde sistemin toplam tepki süresi 300 ms'ye ulaşmakta olup SSD hesabı bu toplam değer üzerinden yapılmıştır. PLC tarama süresinin 10 ms altında tutulması ve sensör kablo uzunluğunun minimize edilmesi, yalnızca sensöre ait gecikme bileşenini düşük tutarak toplam tepki süresinin daha fazla büyümesini engeller. Formülasyonla gösterilirse:

$$\Delta x = v \cdot T\_gecikme \quad (6)$$

Yalnızca sensöre ait 30 ms'lik gecikme bileşeni için tolerans 15 mm olup ihmal edilebilir düzeydedir. Ancak zincirin tamamı (ts + tscan + tinv + tbrake) dikkate alındığında toplam 300 ms'lik gecikme toleransı 150 mm'ye çıkarmaktadır; SSD hesabı da bu toplam gecikmeyi esas almaktadır. Bu nedenle sistemin güvenliği yalnızca sensörün hızlı yanıt vermesine değil, PLC tarama, invertör ve fren bileşenlerinin toplam etkisinin SSD hesabına doğru şekilde yansıtılmasına bağlıdır.

2.12. Performans Değerlendirme Yöntemi

Sistemin performans göstergeleri ortalama yığılma çözülme süresi, operasyonel verimlilik artışı ve çarpışma riski oranı, üç ayrı test senaryosuyla değerlendirilmiştir: (i) sürekli paket beslemesi altında bölgesel kontrollü çalışma, (ii) aynı besleme koşulları ve hat uzunluğunda sabit hızlı referans çalışma, ve (iii) kasıtlı üçlü sensör çakışması senaryosu. Elde edilen bu ham veriler, Bulgular bölümünde sunulan verimlilik artışı ve çarpışma oranı hesaplarının doğrudan girdisini oluşturmaktadır. Buna karşılık yığılma çözülme süresi bu ham verilerden değil, VFD parametrelerine dayalı teorik hesaptan elde edilmiştir.

3. BULGULAR

Geliştirilen hız gradyanı (v3> v2> v1) sayesinde sürekli paket beslemesi altında dahi hat üzerinde herhangi bir yığılma veya tıkanma görülmemiştir. Aşağıda üç temel performans göstergesine ait sayısal sonuçlar sunulmaktadır.

3.1. Yığılma Çözülme Süresinin Teorik Hesabı

S1∩S2 çakışması meydana geldiğinde PLC, Bölge 1 motor frekansını 30 Hz'den 10 Hz'e düşürür; Bölge 2 ise 35 Hz nominal hızda çalışmaya devam ederek birikme bölgesini boşaltır. Motor frekansı ile bant hızı arasındaki doğrusal oran kullanılarak Bölge 2 bant hızı hesaplanır:

$$v_2 = (f_2 / f_1) \times v_1 = (35 / 30) \times 0{,}5 = 0{,}583 \text{ m/s} \quad (7)$$

Bölge 2 uzunluğu L_2 = 5,0 m olmak üzere paketin bu bölgeyi terk etme süresi:

$t_c = L_2 / v_2 = 5{,}0 / 0{,}583 = 8{,}57$ s (8)

VFD rampa gecikmesi (Δtrampa), Bölge 1 motorunun 30 → 10 Hz yavaşlama ve çakışma çözüldükten sonra 10 → 30 Hz hızlanma rampalarının toplamıdır. Yavaşlama rampası Bölge 2'nin boşaltılmasıyla eş zamanlı gerçekleştiğinden toplam süreye yalnızca net rampa gecikmesi eklenir. Δtrampa değeri, invertörün GX Works3 üzerinde ayarlanan ivme/yavaşlama rampa parametresine dayanmaktadır.

Δtrampa ≈ 1,43 s (9)

Toplam yığılma çözülme süresi:

$t_{recovery} = t_c + \Delta t_{rampa} = 8{,}57 + 1{,}43 = 10{,}0$ s (10)

3.2. Çarpışma Risk Oranının Ölçümü

Çarpışma oranı, gözlenen paket-paket temas sayısının toplam çıkış yapan paket sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır:

$R_{çarpışma} = N_{temas} / Q_{çıkış} \times 100$ (11)

Sabit hızlı referans senaryoda tüm bölgeler aynı hızda (0,5 m/s) çalıştığından ardışık paketler arasında doğal mesafe açılmamış ve bölge geçişlerinde 5 adet paket-paket teması kaydedilmiştir:

$R_{sabit} = 5 / 203 \times 100 = \%2{,}46 \approx \%2{,}5$ (12)

Bölgesel kontrollü senaryoda ise hız gradyanı (v3> v2> v1) sayesinde her bölge geçişinde paketler arasındaki mesafe doğal olarak artmış ve 0,525 m'lik emniyet mesafesi sensör yerleşimiyle garanti altına alınmıştır. 240 paket geçişinde hiçbir temas gözlenmemiştir:

$R_{bölgesel} = 0 / 240 \times 100 = \%0{,}0$ (13)

Sonuç olarak çarpışma riski %2,5'ten %0,0'a düşürülmüş; test edilen simülasyon senaryosu koşullarında fonksiyonel güvenlik tasarımı ve bölgesel hız gradyanı sayesinde gözlemlenen paket-paket temasları tamamen ortadan kalkmıştır.

3.3. Operasyonel Verimlilik Artışının Ölçümü

Sabit hızlı referans senaryoda belirli test süresi içinde çıkış yapan toplam paket sayısı 203, bölgesel kontrollü senaryoda ise 240 olarak kaydedilmiştir. Verimlilik artış oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$\Delta V = (Q_{bölgesel} - Q_{sabit}) / Q_{sabit} \times 100 = (240 - 203) / 203 \times 100 = \%18{,}2$ (14)

Bölgesel kontrollü senaryoda üretim kapasitesi sabit hızlı senaryoya göre yaklaşık %18,2 oranında artış göstermiştir. Bu artış, hız gradyanının (v3> v2> v1) bölgeler arası geçişlerde paket akışını optimize etmesinden kaynaklanmaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Simülasyonda doğrulanan 0,525 metrelik emniyet mesafesi, dinamik çalışmada paketler arasında güvenli bir tampon bölge oluşturmuştur. Üçlü çakışma durumunda devreye giren M102 alarmı ve reset kilidi, sistemin kontrolsüz şekilde yeniden başlamasını engelleyerek operatör güvenliğini sağlamaktadır. PLC tarama süresinin 10 ms altında tutulması, SSD üzerindeki olumsuz gecikme etkilerini minimize etmektedir. Çalışmanın kısıtı olarak, simülasyon ortamının gerçek mekanik kayma ve sürtünme katsayılarını tam yansıtamaması gösterilebilir. Sabit hızlı referans senaryoda %2,5 olan çarpışma risk oranı, bölgesel kontrollü senaryoda %0,0'a düşürülmüştür. Yığılma çözülme süresi 10,0 s olarak hesaplanmıştır. Üretim kapasitesi, bölgesel kontrollü senaryoda sabit hızlı senaryoya göre yaklaşık %18,2 oranında artış göstermiştir. ISO 13849-1 kapsamında PL-c gereksinimlerini karşılayan güvenlik tasarımı, 0,525 m'lik güvenli duruş mesafesi ile doğrulanmıştır.

KAYNAKLAR

Al-Shehabi, A. (2023). Optimization and safety design of multi-zone conveyor systems using virtual commissioning. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 20(3), 1540-1552.

Fayed, M. E. ve Skocir, T. S. (1997). Mechanical conveyors: Selection and operation. Technomic Publishing.

Groover, M. P. (2020). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5. baskı). Pearson.

Hall, D. V. (2001). Sequential release control for a zoned conveyor system (U.S. Patent No. 6,253,906 B1). Milwaukee Electronics Corporation.

IEC 60204-1:2016. Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements. International Electrotechnical Commission.

ISO 12100:2010. Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction. International Organization for Standardization.

ISO 13849-1:2015. Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design. International Organization for Standardization.

Mitsubishi Electric Corporation. (2022). MELSEC iQ-R series PLC programming manual (Ladder). Mitsubishi Electric.

Nagai, Y. (2009). Zone controlled conveyor system and a zone controller for use therein (U.S. Patent No. 7,542,823 B2). Itoh Denki Co., Ltd.

Pilz GmbH & Co. KG. (2020). Safeguarding of machinery — Safe stopping distance calculation (Application Note AN-004). https://www.pilz.com

Porras-Vázquez, A. ve Romero-Pérez, J.-A. (2018). A new methodology for facilitating the design of safety-related parts of control systems in machines according to ISO 13849:2006 standard. Reliability Engineering and System Safety, 174, 60–70.

Real Games Lda. (2023). Factory I/O — 3D factory simulation software (Version 2.5). https://factoryio.com

Ristic, L. B., Bebic, M. Z., Jevtic, D. S., Mihailovic, I. D., Statkic, S. Z. ve Rasic, N. T. (2012). Fuzzy speed control of belt conveyor system to improve energy efficiency. 15th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), Novi Sad, Serbia.

Rockwell Automation. (2019). Drive-based safe stopping and safe speed monitoring (Application Technique Manual, Publication 750-AT007B). Rockwell Automation Inc.

Sick AG. (2022). Photoelectric sensors — Operating instructions and selection guide. https://www.sick.com

Smith, S. (2021). Functional safety in automated logistics and conveyor operations. Journal of Industrial Safety, 14(2), 112-125.

Utz, R. J. (2000). Zoned transport conveyor with automatic zone start-up and shut-down (U.S. Patent No. 6,035,999).

STABLE DECISION REGIONS BASED ON FERMATEAN FUZZY SOFT REGULAR OPEN SETS

Adem YOLCU[1]/ Taha Yasin ÖZTÜRK[2]

[1]Department of Mathematics, Kafkas University, Kars, Türkiye, yolcu.adem@gmail.com, 0000-0002-4317-652X

[2] Department of Mathematics, Kafkas University, Kars, Türkiye, taha36100@hotmail.com 0000-0003-2402-6507

Abstract

This study introduces regular open sets in Fermatean fuzzy soft topological spaces and uses them in a concise region-based classification scheme. A Fermatean fuzzy soft set $\mathcal{A}$ is called regular open when $\mathcal{A} = Int(Cl(\mathcal{A}))$. It is shown that every such set is open and that finite intersections of regular open sets remain regular open. The operator $Reg(\mathcal{A}) = Int(Cl(\mathcal{A}))$ is examined as a closure–interior regularization process. For decision-making purposes, Fermatean fuzzy soft evaluations are aggregated into a threshold support set, which is then analysed through a crisp-embedded Fermatean fuzzy soft topology. When the threshold support set is regular open, stable, sensitivity, and outside regions are obtained instead of a complete ranking. A four-patient medical pre-screening example illustrates how a below-threshold case lying on the boundary of the target class can be separated from a case outside its closure. The construction is intentionally limited to regular openness and finite regional classification, making it suitable for a short conference contribution.

Keywords: Fermatean fuzzy set; soft set; Fermatean fuzzy soft topology; regular open set; decision region; medical pre-screening.

1. Introduction

Fuzzy set theory, introduced by Zadeh, represents gradual membership and provides a basic mathematical language for uncertainty modelling [1]. Atanassov's intuitionistic fuzzy sets assign both membership and non-membership degrees under a linear restriction [2]. Yager's Pythagorean fuzzy sets replace this restriction with a quadratic one [3]. Senapati and Yager subsequently proposed Fermatean fuzzy sets (FFSs), in which the sum of the cubes of membership and non-membership degrees is bounded by one [4]. The resulting admissible domain contains the intuitionistic and Pythagorean fuzzy domains as special cases.

Soft set theory models uncertainty through parameterized families of subsets [5]. Its combination with fuzzy sets led to fuzzy soft sets [6], while fuzzy soft topological spaces supplied concepts such as interior, closure, bases, and neighbourhoods [7]. Fermatean fuzzy soft sets attach an FFS to every parameter and have been used in information measures and decision-making applications [9, 11, 12]. Sivadas and John introduced Fermatean fuzzy soft topological spaces and their basic topological operators [10].

Many Fermatean fuzzy decision procedures end with a numerical score or a complete ordering. In screening and preliminary classification, however, it may be more useful to distinguish a well-supported target class, cases close to that class, and cases outside its topological closure. Regular open sets provide a simple mechanism for this purpose. In classical topology, A is regular open if $A = Int(Cl(A))$. Fuzzy soft regular open sets have also been examined as a special class of fuzzy soft open sets [8]. Thus the contribution sought here is not the first use of regular openness in a soft environment, but its formulation in the Fermatean fuzzy soft setting and its use for regional decision classification.

This paper transfers this notion to Fermatean fuzzy soft topological spaces and develops a modest region-based application. Its contributions are: (i) the definition of Fermatean fuzzy soft regular open sets; (ii) elementary results concerning openness and finite intersections; (iii) a regularization operator together with a non-extensivity observation; and (iv) a three-region classification for regular-open threshold classes, illustrated by medical pre-screening. The numerical Fermatean fuzzy soft data are used to construct a threshold support set, whereas the regional computations are performed in its crisp-embedded Fermatean fuzzy soft representation. This restriction is made explicit to keep the construction transparent and suitable for a full-paper conference contribution of limited length.

2. Preliminaries

Throughout the paper, $X = \{x_1, \dots, x_m\}$ is a finite universe and $E = \{e_1, \dots, e_n\}$ is a finite parameter set.

Definition 2.1 [4] *A Fermatean fuzzy set F on X is*

$$F = \{\langle x, \mu_F(x), \nu_F(x)\rangle : x \in X\},$$

where $\mu_F, \nu_F : X \to [0,1]$ satisfy

$$\mu_F(x)^3 + \nu_F(x)^3 \le 1$$

for every $x \in X$. Its hesitancy degree is

$$\pi_F(x) = \sqrt[3]{1 - \mu_F(x)^3 - \nu_F(x)^3}.$$

For a Fermatean fuzzy number $a = (\mu_a, \nu_a)$, the score function is

$$s(a) = \mu_a^3 - \nu_a^3$$

[4].

Definition 2.2 [5] *Let $A \subseteq E$. A soft set over X is a pair (F, A), where $F : A \to \mathcal{P}(X)$.*

Definition 2.3 [9,11] *A Fermatean fuzzy soft set (FFSS) over X with parameter set E is a mapping*

$$\mathcal{A} : E \to \mathcal{FFS}(X).$$

For $e \in E$ and $x \in X$, write

$$\mathcal{A}(e)(x) = (\mu_{\mathcal{A}}(e,x), \nu_{\mathcal{A}}(e,x)),$$

where

$$\mu_{\mathcal{A}}(e,x)^3 + \nu_{\mathcal{A}}(e,x)^3 \le 1.$$

For FFSSs $\mathcal{A}$ and $\mathcal{B}$, the order and operations used here are parameterwise:

$$\mathcal{A} \,\widetilde{\subseteq}\, \mathcal{B} \iff \mu_{\mathcal{A}}(e,x) \le \mu_{\mathcal{B}}(e,x), \quad \nu_{\mathcal{A}}(e,x) \ge \nu_{\mathcal{B}}(e,x),$$

$$(\mathcal{A} \,\widetilde{\cup}\, \mathcal{B})(e,x) = (\max\{\mu_{\mathcal{A}}, \mu_{\mathcal{B}}\}, \min\{\nu_{\mathcal{A}}, \nu_{\mathcal{B}}\}),$$

$$(\mathcal{A} \,\widetilde{\cap}\, \mathcal{B})(e,x) = (\min\{\mu_{\mathcal{A}}, \mu_{\mathcal{B}}\}, \max\{\nu_{\mathcal{A}}, \nu_{\mathcal{B}}\}),$$

and

$$\mathcal{A}^c(e,x) = (\nu_{\mathcal{A}}(e,x), \mu_{\mathcal{A}}(e,x)).$$

The null and absolute FFSSs are denoted by $\tilde{0}$ and $\tilde{1}$ and have constant values $(0,1)$ and $(1,0)$, respectively.

Definition 2.4 [10] *A family τ_F of FFSSs over X is a Fermatean fuzzy soft topology if: [label=()]*

1. $\tilde{0}, \tilde{1} \in \tau_F$;
2. the Fermatean fuzzy soft union of any subfamily of τ_F belongs to τ_F;
3. the Fermatean fuzzy soft intersection of every finite subfamily of τ_F belongs to τ_F.

The triple (X, E, τ_F) is called a Fermatean fuzzy soft topological space. Members of τ_F are open, and their complements are closed.

Definition 2.5 [10] *For an FFSS $\mathcal{A}$ in (X, E, τ_F), its interior and closure are*

$$Int(\mathcal{A}) = \widetilde{\bigcup} \{\mathcal{O} \in \tau_F : \mathcal{O} \,\widetilde{\subseteq}\, \mathcal{A}\},$$

$$Cl(\mathcal{A}) = \widetilde{\bigcap} \{\mathcal{C} : \mathcal{C} \text{is closed and} \mathcal{A} \,\widetilde{\subseteq}\, \mathcal{C}\}.$$

Its boundary is

$$Bd(\mathcal{A}) = Cl(\mathcal{A}) \,\tilde{\cap}\, Cl(\mathcal{A}^c).$$

We use the standard properties of these operators: monotonicity, idempotence, $Int(\mathcal{A}) \,\tilde{\subseteq}\, \mathcal{A} \,\tilde{\subseteq}\, Cl(\mathcal{A})$, preservation of finite intersections by the interior operator, and

$$Cl(\mathcal{A} \,\tilde{\cap}\, \mathcal{B}) \,\tilde{\subseteq}\, Cl(\mathcal{A}) \,\tilde{\cap}\, Cl(\mathcal{B}).$$

3. Fermatean Fuzzy Soft Regular Open Sets

Definition 3.1 *An FFSS $\mathcal{A}$ in (X, E, τ_F) is called Fermatean fuzzy soft regular open if*

$$\mathcal{A} = Int(Cl(\mathcal{A})).$$

The family of all such sets is denoted by $RO(X, E, \tau_F)$.

Proposition 3.2 *Every Fermatean fuzzy soft regular open set is Fermatean fuzzy soft open.*

Proof. If $\mathcal{A} = Int(Cl(\mathcal{A}))$, then $\mathcal{A}$ is the interior of an FFSS. Hence $\mathcal{A} \in \tau_F$.

The converse need not hold, since an open FFSS may enlarge after the closure–interior process.

Example 3.3 *Let $X = \{x_1, x_2\}$ and $E = \{e_1, e_2\}$. Define the graded FFSS $\mathcal{U}$ by*

	x_1	x_2
e_1	(0.30,0.70)	(0.40,0.60)
e_2	(0.35,0.65)	(0.25,0.75)

and let $\tau_F = \{\tilde{0}, \mathcal{U}, \tilde{1}\}$. This is an FFSS topology. Since every displayed pair satisfies $\mu \le \nu$, one has $\mathcal{U} \,\tilde{\subseteq}\, \mathcal{U}^c$. The closed FFSSs are $\tilde{1}, \mathcal{U}^c, \tilde{0}$; hence

$$Cl(\mathcal{U}) = \mathcal{U}^c.$$

Among the open FFSSs, $\mathcal{U}$ is the greatest open set contained in $\mathcal{U}^c$; therefore

$$Int(\mathcal{U}^c) = \mathcal{U}.$$

Consequently, $\mathcal{U} = IntCl(\mathcal{U})$, so $\mathcal{U}$ is a genuinely graded Fermatean fuzzy soft regular open set.

Proposition 3.4 *The finite intersection of Fermatean fuzzy soft regular open sets is regular open.*

Proof. Let $\mathcal{A}, \mathcal{B} \in RO(X, E, \tau_F)$. Their intersection is open, so

$$\mathcal{A} \,\tilde{\cap}\, \mathcal{B} \,\tilde{\subseteq}\, IntCl(\mathcal{A} \,\tilde{\cap}\, \mathcal{B}).$$

Furthermore,

$$Cl(\mathcal{A} \,\tilde{\cap}\, \mathcal{B}) \,\tilde{\subseteq}\, Cl(\mathcal{A}) \,\tilde{\cap}\, Cl(\mathcal{B}).$$

Monotonicity of the interior and preservation of finite intersections yield

$$IntCl(\mathcal{A} \,\tilde{\cap}\, \mathcal{B}) \,\tilde{\subseteq}\, Int(Cl(\mathcal{A}) \,\tilde{\cap}\, Cl(\mathcal{B}))$$

$$= IntCl(\mathcal{A}) \,\tilde{\cap}\, IntCl(\mathcal{B})$$

$$= \mathcal{A} \,\tilde{\cap}\, \mathcal{B}.$$

Thus equality holds. The finite case follows by induction.

Remark 3.5 *An ordinary union of regular open FFSSs need not be regular open. A regular-open join may instead be defined by*

$$\mathcal{A} \vee_r \mathcal{B} = IntCl(\mathcal{A} \,\tilde{\cup}\, \mathcal{B}),$$

but its algebraic study is outside the scope of this paper.

Definition 3.6 *The mapping*

$$Reg(\mathcal{A}) = IntCl(\mathcal{A})$$

is called the Fermatean fuzzy soft regularization operator.

Proposition 3.7 *For FFSSs $\mathcal{A}$ and $\mathcal{B}$: [label=()]*

1. $\mathcal{A} \tilde{\subseteq} \mathcal{B}$ implies $Reg(\mathcal{A}) \tilde{\subseteq} Reg(\mathcal{B})$;
2. $Reg(Reg(\mathcal{A})) = Reg(\mathcal{A})$;
3. $Reg(\mathcal{A})$ is regular open.

Proof. Part (i) follows from monotonicity of closure and interior. Since $Reg(\mathcal{A})$ is open,

$$Reg(\mathcal{A}) \tilde{\subseteq} IntCl(Reg(\mathcal{A})).$$

Also, $Reg(\mathcal{A}) \tilde{\subseteq} Cl(\mathcal{A})$ implies

$$IntCl(Reg(\mathcal{A})) \tilde{\subseteq} IntCl(Cl(\mathcal{A})) = IntCl(\mathcal{A}).$$

Hence (ii) holds, and (iii) follows from (ii).

Here stability means invariance under Reg, not stability under every perturbation of numerical evaluations. Moreover, Reg is not a closure operator in general, because it need not be extensive; that is, $\mathcal{A} \tilde{\subseteq} Reg(\mathcal{A})$ does not hold for every FFSS $\mathcal{A}$.

4. Stable, Sensitivity, and Outside Regions

Let the numerical FFSS evaluations be (μ_{ij}, ν_{ij}) for alternative x_i and parameter e_j. Let $w_j \geq 0$ and $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$. Define

$$\bar{\mu}_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \mu_{ij}, \qquad \bar{\nu}_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \nu_{ij},$$

and

$$S_i = \bar{\mu}_i^3 - \bar{\nu}_i^3.$$

Proposition 4.1 *The aggregated pair $(\bar{\mu}_i, \bar{\nu}_i)$ is a Fermatean fuzzy number.*

Proof. The set

$$D = \{(u, v) \in [0,1]^2 : u^3 + v^3 \leq 1\}$$

is convex because it is the intersection of the nonnegative quadrant with the closed unit ball of the ℓ_3 norm. Hence every convex combination of points in D also belongs to D. Therefore $\bar{\mu}_i^3 + \bar{\nu}_i^3 \leq 1$.

For a threshold $\alpha \in [-1,1]$, define the support set

$$A_\alpha = \{x_i \in X : S_i \geq \alpha\}.$$

It is embedded into the FFSS setting by assigning $(1,0)$ to its members and $(0,1)$ to its non-members under every parameter. The following regional model is therefore a crisp-embedded special case of Fermatean fuzzy soft topology; graded regional operators are not claimed here.

Definition 4.2 *Let A_α be a crisp-embedded threshold support set satisfying*

$$A_\alpha = Reg(A_\alpha).$$

Thus A_α is an admissible regular-open target class. Define

$$STB_\alpha(A) = A_\alpha,$$

$$SEN_\alpha(A) = Cl(A_\alpha) \backslash A_\alpha,$$

$$OUT_\alpha(A) = X \backslash Cl(A_\alpha).$$

The alternatives in these sets are called stable target alternatives, sensitivity alternatives, and outside alternatives, respectively.

The regular-open admissibility condition ensures that the stable region is itself regular open and invariant under the closure–interior process. It also gives

$$SEN_\alpha(A) = Cl(A_\alpha)\backslash A_\alpha = Bd(A_\alpha),$$

because A_α is open. If the selected threshold set is not regular open, the proposed three-region rule is not applied. The threshold and the topology must be specified before the regular-open admissibility test and must not be modified solely to force admissibility. A different pre-specified model may be examined in a separate analysis, but the reported classification must retain the initially declared settings. This restriction prevents a non-regular support set from being labelled stable merely by terminology.

Proposition 4.3 *For every admissible regular-open target class A_α, the three regions are pairwise disjoint and*

$$X = STB_\alpha(A) \dot{\cup} SEN_\alpha(A) \dot{\cup} OUT_\alpha(A).$$

Proof. The first two regions are disjoint and their union is $Cl(A_\alpha)$. The outside region is the complement of this closure.

The procedure is: [label=**Step .**,leftmargin=1.8cm]

1. Form the Fermatean fuzzy soft evaluation table.
2. Aggregate parameter evaluations and compute S_i.
3. Select α and construct A_α.
4. Construct a reproducible decision-band topology from stated upper and lower score thresholds.
5. Verify the regular-open admissibility condition $A_\alpha = Reg(A_\alpha)$ and compute $Cl(A_\alpha)$.
6. If admissibility holds, assign alternatives to the stable, sensitivity, or outside region.

5. Illustrative Medical Pre-Screening Example

Consider four patients

$$X = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$$

under preliminary screening for priority clinical examination. The parameters are symptom severity e_1, age and comorbidity risk e_2, and consistency of clinical indicators e_3. Table 1 contains Fermatean fuzzy assessments (μ, ν).

Table 1: Fermatean fuzzy soft assessments of patients.

Patient	e_1	e_2	e_3
p_1	(0.85,0.25)	(0.80,0.30)	(0.78,0.35)
p_2	(0.76,0.35)	(0.74,0.38)	(0.72,0.40)
p_3	(0.45,0.70)	(0.40,0.75)	(0.42,0.72)
p_4	(0.66,0.48)	(0.62,0.52)	(0.64,0.50)

Equal weights $w_1 = w_2 = w_3 = 1/3$ are used. The aggregated values are given in Table 2.

Table 2: Aggregated assessments and scores.

Patient	$\bar{\mu}_i$	$\bar{\nu}_i$	S_i
p_1	0.810	0.300	0.504
p_2	0.740	0.377	0.352
p_3	0.423	0.723	−0.303
p_4	0.640	0.500	0.137

Let $\alpha = 0.25$. Then

$$A_{0.25} = \{p_1, p_2\}.$$

To construct the topology reproducibly, use two screening thresholds. The upper threshold is $\alpha = 0.25$, and the lower threshold is $\beta = 0$. Define the clearly supported and clearly rejected score bands by

$$U = \{p_i : S_i \geq \alpha\} = \{p_1, p_2\}, \qquad V = \{p_i : S_i < \beta\} = \{p_3\}.$$

The remaining alternative p_4, for which $\beta \leq S_4 < \alpha$, belongs to the unresolved intermediate band. The basic decision groups U and V, together with X, generate

$$\tau = \{\varnothing, U, V, U \cup V, X\}.$$

Thus the topology is determined by the stated two-threshold rule rather than selected after observing the desired regional outcome. Every set is treated as a constant crisp-embedded FFSS over E, so τ is a Fermatean fuzzy soft topology in this restricted representation. The closed sets are

$$X, \quad \{p_3, p_4\}, \quad \{p_1, p_2, p_4\}, \quad \{p_4\}, \quad \varnothing.$$

Consequently,

$$Cl(U) = \{p_1, p_2, p_4\}$$

and

$$Reg(U) = IntCl(U) = U.$$

Thus U is regular open. The regions are

$$STB_{0.25}(A) = \{p_1, p_2\},$$

$$SEN_{0.25}(A) = \{p_4\},$$

$$OUT_{0.25}(A) = \{p_3\}.$$

Since U is regular open, the sensitivity region is exactly its boundary:

$$Bd(U) = Cl(U) \backslash U = \{p_4\}.$$

Patients p_1 and p_2 are stable priority cases. Patient p_4 does not meet the score threshold but lies in the closure of the priority class; it is therefore a sensitivity case for which additional examination or expert review may be appropriate. Patient p_3 lies outside that closure and is classified as a current non-priority case. The procedure is a decision-support illustration and does not constitute clinical diagnosis.

The example shows how a complete score ranking can be reorganized into topologically interpretable stable, boundary, and outside regions. Although both p_3 and p_4 fail to reach α, only p_4 belongs to the boundary of the regular-open target region. The regional output therefore separates a boundary-sensitive case from a case outside the topological closure of the target class.

6. Conclusion

This paper defined Fermatean fuzzy soft regular open sets by the equality

$$\mathcal{A} = IntCl(\mathcal{A})$$

and established two elementary structural properties: every regular open FFSS is open, and finite intersections of regular open FFSSs remain regular open. The operator $Reg = IntCl$ was used to express invariance under closure–interior regularization.

For decision use, Fermatean fuzzy soft assessments were first converted into a threshold support set. The resulting crisp-embedded Fermatean fuzzy soft topology was then used to separate stable target cases, sensitivity cases, and outside cases. The medical pre-screening example demonstrated that a case below the numerical threshold may still deserve review when it lies in the boundary of a regular-open target class.

The study is deliberately limited. The topology in the example is generated by a simple two-threshold score-band rule, the regional stage uses crisp embedding, and no claim is made that the construction provides fully graded topological decision regions. These limitations are acceptable for the intended short conference format but also identify natural extensions, including similarity-derived neighbourhood systems, graded regular-open decision regions, alternative aggregation operators, and group evaluations. Continuity, compactness, connectedness, and separation axioms are not considered here.

References

[1] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

[2] K. T. Atanassov, “Intuitionistic fuzzy sets,” *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 20, no. 1, pp. 87–96, 1986. doi: 10.1016/S0165-0114(86)80034-3.

[3] R. R. Yager, “Pythagorean membership grades in multicriteria decision making,” *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 22, no. 4, pp. 958–965, 2014. doi: 10.1109/TFUZZ.2013.2278989.

[4] T. Senapati and R. R. Yager, “Fermatean fuzzy sets,” *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 11, no. 2, pp. 663–674, 2020. doi: 10.1007/s12652-019-01377-0.

[5] D. Molodtsov, “Soft set theory—First results,” *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 37, nos. 4–5, pp. 19–31, 1999. doi: 10.1016/S0898-1221(99)00056-5.

[6] P. K. Maji, R. Biswas, and A. R. Roy, “Fuzzy soft sets,” *Journal of Fuzzy Mathematics*, vol. 9, no. 3, pp. 589–602, 2001.

[7] B. Tanay and M. B. Kandemir, “Topological structure of fuzzy soft sets,” *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 61, no. 10, pp. 2952–2957, 2011. doi: 10.1016/j.camwa.2011.03.056.

[8] S. Hussain, “On weak and strong forms of fuzzy soft open sets,” *Fuzzy Information and Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 451–463, 2016. doi: 10.1016/j.fiae.2017.01.005.

[9] A. Sivadas and S. J. John, “Fermatean fuzzy soft sets and its applications,” in *Computational Sciences–Modelling, Computing and Soft Computing*, A. Awasthi, S. J. John, and S. Panda, Eds., Communications in Computer and Information Science, vol. 1345. Singapore: Springer, 2021, pp. 203–216. doi: 10.1007/978-981-16-4772-7_16.

[10] A. Sivadas and S. J. John, “Fermatean fuzzy soft topological spaces,” *AIP Conference Proceedings*, vol. 2875, no. 1, art. 040004, 2023. doi: 10.1063/5.0154122.

[11] İ. Demir, “Multi-criteria decision-making method with Fermatean fuzzy soft sets and application of infectious diseases,” *Fuzzy Information and Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 74–88, 2024. doi: 10.26599/FIE.2023.9270032.

[12] M. Kirişci, “Measures of distance and entropy based on the Fermatean fuzzy-type soft sets approach,” *Universal Journal of Mathematics and Applications*, vol. 7, no. 1, pp. 12–29, 2024. doi: 10.32323/ujma.1379260.

AKILLI SU YÖNETİMİNDE POMPA SİSTEMLERİNİN SU VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ: ÖMÜR BOYU MALİYET MODELLEMESİNE DAYALI KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME

Gülşen KÜTÜK ANLATICI[1] • Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE[2]

[1]Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik Anabilim Dalı, Kayseri Üniversitesi, g.kutuk@meltek.com.tr0009-0002-3317-4632 (ORCID NO)

[2]Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Kayseri Üniversitesi, ekarakose@kayseri.edu.tr, 0000-0001-5586-3258 (ORCID NO)

Özet

Su temini, dağıtımı ve basınçlandırılmasında kullanılan pompa sistemleri; su hizmetlerinin sürekliliğini sağlarken önemli miktarda elektrik enerjisi tüketmektedir. Yanlış boyutlandırma, en verimli noktanın uzağında çalışma, sabit devirle değişken talebin karşılanması ve yetersiz bakım uygulamaları hem enerji maliyetlerini artırmakta hem de basınç dalgalanmaları üzerinden kaçak, arıza ve ekipman yıpranması riskini büyütmektedir. Bu çalışmanın amacı, akıllı su yönetimi yaklaşımı içinde pompa seçimi, değişken hızlı sürücüler, izleme sensörleri ve basınç yönetiminin rolünü açıklamak; yüksek ve düşük verimli iki pompa alternatifini ömür boyu maliyet (LCC) yöntemiyle karşılaştırmaktır. Çalışma, gerçek bir tesise ait ölçüm verisi kullanmayan, literatür ve örnek senaryo temelli kavramsal bir modellemedir. On yıllık analiz döneminde, %8 iskonto oranı ve 0,12 ABD doları/kWh birim enerji bedeli varsayılmıştır. Aynı hidrolik hizmeti sunan 15 kW'lık yüksek verimli Pompa A ile %15 daha fazla elektrik gücü çeken Pompa B karşılaştırılmıştır. Model sonucunda Pompa A'nın 10 yıllık indirgenmiş yaşam döngüsü maliyeti yaklaşık 40.952 ABD doları, Pompa B'nin maliyeti ise 46.084 ABD doları olarak hesaplanmıştır. Pompa A'nın 1.500 ABD dolarlık ek ilk yatırımının basit geri ödeme süresi yaklaşık 1,52 yıldır. İskonto oranı, enerji fiyatı, yıllık çalışma süresi ve güç farkı üzerinde yürütülen duyarlılık analizleri, yatırım üstünlüğünün özellikle yüksek kullanım yoğunluğu ve enerji fiyatında güçlendiğini; düşük kullanım ve yalnızca %5 güç farkında ise ekonomik avantajın daralıp geri ödeme süresinin uzadığını göstermiştir. Bulgular, satın alma fiyatına dayalı kararların yanıltıcı olabileceğini ve pompa yatırımlarının bağlama duyarlı LCC modeliyle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: su verimliliği, pompa sistemleri, akıllı su yönetimi, yaşam döngüsü maliyeti, değişken hızlı sürücü, basınç yönetimi

THE IMPACT OF PUMP SYSTEMS ON WATER AND ENERGY EFFICIENCY IN SMART WATER MANAGEMENT: A CONCEPTUAL EVALUATION BASED ON LIFE CYCLE COST MODELING

Gülşen KÜTÜK ANLATICI[1] • Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE[2]

[1]Graduate Education Institute, Department of Computational Sciences and Engineering, Kayseri University, g.kutuk@meltek.com.tr, 0009-0002-3317-4632 (ORCID NO)

[2]Department of Basic Engineering Sciences, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Kayseri University, ekarakose@kayseri.edu.tr, 0000-0001-5586-3258 (ORCID NO)

Abstract

Pump systems used in water supply, distribution, and pressurization consume a significant amount of electrical energy while ensuring the continuity of water services. Incorrect sizing, operating away from the best efficiency point, meeting variable demand with a fixed speed, and inadequate maintenance practices not only increase energy costs but also escalate the risk of leakage, malfunction, and equipment wear through pressure fluctuations. The aim of this study is to explain the role of pump selection, variable speed drives, monitoring sensors, and pressure management within the smart water management approach; and to compare two pump alternatives with high and low efficiency using the life cycle cost (LCC) method. The study is a conceptual modeling based on literature and an example scenario, without using measurement data from a real facility. Over a ten-year analysis period, an 8% discount rate and a unit energy cost of 0.12 USD/kWh were assumed. A 15 kW high-efficiency Pump A providing the same hydraulic service was compared with Pump B, which draws 15% more electrical power. As a result of the model, the 10-year discounted life cycle cost of Pump A was calculated as approximately 40,952 USD, while the cost of Pump B was 46,084 USD. The simple payback period for Pump A's additional initial investment of 1,500 USD is approximately 1.52 years. Sensitivity analyses conducted on the discount rate, energy price, annual operating time, and power difference showed that the investment superiority is strengthened especially at high usage intensity and energy prices; whereas, with low usage and a power difference of only 5%, the economic advantage narrows and the payback period extends. The findings reveal that decisions based on the purchase price can be misleading and that pump investments should be evaluated with a context-sensitive LCC model.

Keywords: water efficiency, pump systems, smart water management, life cycle cost, variable speed drive, pressure management

GİRİŞ

İklim değişikliği, nüfus artışı, kentleşme ve artan üretim talebi, su kaynakları üzerindeki baskıyı derinleştirmektedir. Bu koşullarda su verimliliği yalnızca son kullanıcı tüketiminin azaltılmasıyla sınırlı değildir; suyun kaynaktan çekilmesi, arıtılması, depolanması, iletilmesi ve dağıtılması boyunca oluşan fiziksel ve enerji kaynaklı kayıpların birlikte yönetilmesini gerektirir. Türkiye'de su verimliliği yaklaşımı da "aynı faydanın daha az suyla sağlanması" veya "aynı miktar suyla daha fazla fayda üretilmesi" ekseninde ele alınmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023a).

Pompa sistemleri bu bütüncül yaklaşımın merkezindedir. Hydraulic Institute, Europump ve U.S. Department of Energy tarafından hazırlanan rehber, pompalama sistemlerinin küresel elektrik talebinde önemli bir paya sahip olduğunu; bazı endüstriyel tesislerde enerji kullanımının %25–50'sinin pompalama sistemlerinden kaynaklanabildiğini belirtmektedir (Hydraulic Institute vd., 2001). Bununla birlikte pompa tek başına değil, boru hattı, vana, motor, sürücü, kontrol sistemi ve değişken işletme koşullarından oluşan bir sistem içinde değerlendirilmelidir.

Geleneksel satın alma kararlarında ilk yatırım maliyeti belirleyici olabilmektedir. Oysa yoğun kullanılan pompalarda enerji ve bakım giderleri, ekonomik ömür boyunca ilk satın alma bedelini aşabilmektedir. Bu nedenle doğru pompa seçimi; yalnızca istenen debi ve basma yüksekliğini sağlamak değil, çalışma noktalarının dağılımını, motor-pompa-sürücü toplam verimini, bakım ihtiyacını, basınç kaynaklı su kayıplarını ve paranın zaman değerini birlikte değerlendirmektir.

Bu çalışmanın temel araştırma sorusu şudur: Aynı hidrolik hizmeti sağlayan iki pompa alternatifi, ilk yatırım yerine indirgenmiş yaşam döngüsü maliyetine göre değerlendirildiğinde karar sonucu nasıl değişmektedir? Bu soruya yanıt vermek amacıyla literatür temelli bir kavramsal çerçeve kurulmuş ve örnek bir besi işletmesi senaryosu üzerinden 10 yıllık LCC modellemesi yapılmıştır.

1.1. Araştırma boşluğu ve çalışmanın özgün katkısı

Literatürde pompa verimliliği ve değişken hızlı işletme çoğunlukla enerji tüketimi açısından; basınç yönetimi ise kaçak kontrolü açısından incelenmektedir. Akıllı su yönetimi çalışmaları da sensör, sayaç, veri analitiği ve talep tahmini üzerinde yoğunlaşmaktadır. Buna karşılık pompanın hidrolik çalışma noktası, su kaybı riski, dijital izleme gereksinimi ve indirgenmiş yaşam döngüsü maliyetini tek bir karar çerçevesinde birleştiren kavramsal çalışmalar daha sınırlıdır. Güncel araştırmalar, pompa çizelgelemesinde enerji maliyeti ile su kalitesinin birlikte ele alınmasına ve akıllı sayaç verilerinin altyapı yönetimiyle bütünleştirilmesine yönelmektedir (Brentan vd., 2024; Taloma vd., 2025).

Bu çalışmanın özgün katkısı üç düzeydedir: (i) su-enerji bağını pompanın hidrolik verimi ve basınç yönetimi üzerinden açıklamak, (ii) satın alma fiyatı temelli karar ile indirgenmiş LCC kararını aynı örnek üzerinde karşılaştırmak ve (iii) sonuçların enerji fiyatı, yıllık çalışma süresi, güç/verim farkı ve iskonto oranına duyarlılığını birlikte sınamaktır. Çalışma deneysel bir üstünlük iddiası taşımamakta; gerçek saha verileriyle yeniden üretilebilecek şeffaf bir karar modeli önermektedir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Su-enerji bağı ve pompa sistemleri

Su ve enerji sistemleri karşılıklı bağımlıdır. Suyun çekilmesi ve dağıtılması enerji gerektirirken, enerji üretim süreçlerinin önemli bir bölümü de suya ihtiyaç duyar. Pompa sisteminde verimsiz tüketilen her birim elektrik, yalnızca ekonomik kayıp değildir; aynı zamanda sisteme alınan, basınçlandırılan ve olası bir kaçakla kaybedilen suya gömülü enerjinin de kaybıdır. Bu nedenle su verimliliği göstergeleri ile özgül enerji tüketiminin (kWh/m³) birlikte izlenmesi gerekir.

1.2. Doğru boyutlandırma, BEP ve değişken hızlı işletme

Santrifüj pompalar belirli bir debi-basma yüksekliği aralığında en yüksek hidrolik verime ulaşır. Bu bölge en verimli nokta (Best Efficiency Point–BEP) çevresidir. İhtiyaçtan büyük seçilen bir pompa, debiyi sınırlamak için vananın kısılması veya by-pass uygulanması sonucunda gereksiz enerji tüketebilir; BEP'ten uzak çalışma ise titreşim, rulman ve salmastra yükleri, kavitasyon riski ve bakım gereksinimini artırabilir. LCC rehberleri bu nedenle pompanın görev noktasına uygun seçilmesini ve aşırı boyutlandırmadan kaçınılmasını temel önlem olarak göstermektedir (Hydraulic Institute vd., 2001; U.S. Department of Energy, 2006).

Pompanın suya aktardığı hidrolik güç, akışkan yoğunluğu (ρ), yerçekimi ivmesi (g), debi (Q) ve toplam basma yüksekliğinin (H) çarpımıdır. Şebekeden çekilen elektrik gücü ise hidrolik gücün pompa, motor ve varsa sürücü verimlerinden oluşan toplam verime (η_t) bölünmesiyle hesaplanır:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H$$

$$P_{el} = P_h / \eta_t = (\rho \times g \times Q \times H) / (\eta_p \times \eta_m \times \eta_v)$$

Aynı Q ve H hizmetinde toplam verimin düşmesi, elektrik gücünü ters orantılı biçimde artırır. Sistem performansının karşılaştırılmasında özgül enerji tüketimi (ÖET) kullanılması, farklı debi ve çalışma sürelerine sahip istasyonları ortak bir zemine taşır:

$$ÖET = E_{el} / V \quad [kWh/m^3]$$

Talebin gün içinde değiştiği sistemlerde değişken hızlı sürücüler (VFD/VSD), pompa hızını anlık ihtiyaca uyarlayarak kısma vanasıyla kontrol edilen sabit hızlı sistemlere göre enerji tasarrufu potansiyeli sunar. Ancak toplam kazanç; statik yükün payı, sistem eğrisi, çalışma süresi, motor ve sürücü verimi ile kontrol stratejisine bağlıdır. Dolayısıyla VFD uygulaması otomatik olarak verimlilik garantisi değil, sistem düzeyinde analiz edilmesi gereken bir kontrol seçeneğidir (Marchi vd., 2012).

1.3. Basınç yönetimi, kaçaklar ve akıllı izleme

Dağıtım şebekelerinde gereğinden yüksek veya dalgalı basınç, mevcut kaçak debisini ve boru arızası riskini artırabilir. Basınç-kaçak ilişkisi boru malzemesine ve çatlak geometrisine bağlı olmakla birlikte deneysel çalışmalar, kaçak debisinin basınçla arttığını göstermektedir (De Paola ve Giugni, 2012). Darweesh (2018), örnek bir şebeke simülasyonunda değişken hızlı pompaların sabit hızlı işletmeye kıyasla yaklaşık %20 enerji maliyeti ve %21 kaçak azalması

sağlayabildiğini raporlamıştır. Bu oranlar her sistem için genellenebilir sabit değerler değil, ilgili modelin koşullarına bağlı sonuçlardır.

Akıllı su yönetiminde debi, basınç, seviye, güç, titreşim ve su kalitesi verileri SCADA/IoT altyapısıyla izlenir. Böylece kuyuların yıllık üretim-tüketim dengesi, pompaların özgül enerji tüketimi, çalışma noktaları, basınç anomalileri ve bakım göstergeleri tek bir karar destek yapısında birleştirilebilir. Ölçüm altyapısı, yalnızca arıza sonrası müdahale için değil; talep tahmini, kaçak alarmı, kestirimci bakım ve yatırım önceliklendirmesi için kullanıldığında gerçek anlamda "akıllı" hale gelir.

Akıllı sayaç ve sensör verilerinin karar kalitesi, ölçüm sıklığı kadar veri bütünlüğüne de bağlıdır. Eksik, gürültülü veya kalibrasyonu bozulmuş veriler model belirsizliğini artırır. Taloma vd. (2025), akıllı su dağıtımında altyapı analizi, talep analizi ve su kalitesi izlemesini birbirinden ayrılan ancak bütünleşmesi gereken veri alanları olarak sınıflandırmaktadır. Bu nedenle dijitalleşme, hidrolik fizik kurallarının yerine geçen değil; kalibre edilmiş fiziksel modelleri ve işletme deneyimini tamamlayan bir araç olarak görülmelidir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma tasarımı

Çalışma, literatür taraması ile örnek senaryo ve yaşam döngüsü maliyet modellemesini birleştiren kavramsal bir araştırmadır. Herhangi bir belediye, kuyu istasyonu veya işletmeden elde edilmiş gerçek ölçüm verisi kullanılmamıştır. Sayısal değerler, yöntemin karar üzerindeki etkisini göstermek amacıyla oluşturulmuş varsayımlardır. Bu nedenle sonuçlar belirli bir tesise doğrudan yatırım önerisi olarak değil, saha verileriyle yeniden çalıştırılabilecek bir karar modeli olarak yorumlanmalıdır.

2.2. LCC modeli

Yaşam döngüsü maliyeti; ilk yatırım, kurulum, enerji, işletme, bakım, duruş, çevresel etki ve kullanım sonu maliyetlerinin toplamından oluşur (Hydraulic Institute vd., 2001). Genel ifade aşağıdaki gibidir:

$$LCC = C_ic + C_in + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_D$$

Örnek senaryoda alternatifler arasındaki kurulum, normal işletme, duruş, çevresel etki ve kullanım sonu maliyetlerinin eşit veya veri yokluğu nedeniyle sıfır olduğu varsayılmış; karşılaştırma ilk yatırım, enerji ve bakım maliyetleriyle sınırlandırılmıştır. Yıllık tekrarlanan giderler paranın zaman değeri dikkate alınarak net bugünkü değere (NBD) çevrilmiştir:

$$PVIFA(i,n) = [1 - (1 + i)^{-n}] / i$$

$$LCC = C_o + (A_e + A_m) \times PVIFA(i,n)$$

Burada C_o ilk yatırım maliyetini, A_e yıllık enerji giderini, A_m yıllık bakım giderini, i reel iskonto oranını ve n analiz süresini göstermektedir. Model sabit reel enerji fiyatı ve yıl sonu nakit akışı varsayımına dayanmaktadır.

2.3. Örnek senaryo ve varsayımlar

Senaryoda 150 baş büyükbaş hayvan kapasiteli bir besi işletmesinin sulama, temizlik ve servis suyu ihtiyacını karşılayan pompa sistemi ele alınmıştır. İki alternatifin aynı debi ve basma yüksekliği hizmetini sağladığı kabul edilmiştir. Pompa B'nin toplam elektrik gücü gereksinimi Pompa A'dan %15 daha yüksek tanımlanmıştır.

Parametre	Pompa A	Pompa B
Teknik nitelik	Yüksek verimli	Düşük verimli
İlk yatırım	3.000 ABD doları	1.500 ABD doları
Elektrik gücü	15,00 kW	17,25 kW
Çalışma süresi	2.920 saat/yıl	2.920 saat/yıl
Enerji fiyatı	0,12 ABD doları/kWh	0,12 ABD doları/kWh
Yıllık bakım	400 ABD doları	600 ABD doları
Analiz süresi	10 yıl	10 yıl
Reel iskonto oranı	%8	%8

Tablo 1. Örnek senaryo varsayımları

2.4. Duyarlılık analizi tasarımı

Tek bir varsayım kümesine bağlı sonuçların dayanıklılığını sınamak için tek yönlü ve çok değişkenli senaryolar kurulmuştur. Reel iskonto oranı %5, %8 ve %12; enerji fiyatı 0,08, 0,12 ve 0,18 ABD doları/kWh; yıllık çalışma süresi 2.000, 2.920 ve 4.000 saat; Pompa B'nin Pompa A'ya göre güç farkı ise %5, %15 ve %25 düzeylerinde değiştirilmiştir. Diğer değişkenler sabit tutularak her senaryoda iki alternatif arasındaki 10 yıllık LCC farkı yeniden hesaplanmıştır. Böylece model sonucunun hangi parametrelere daha duyarlı olduğu incelenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Yıllık enerji ve bakım giderleri

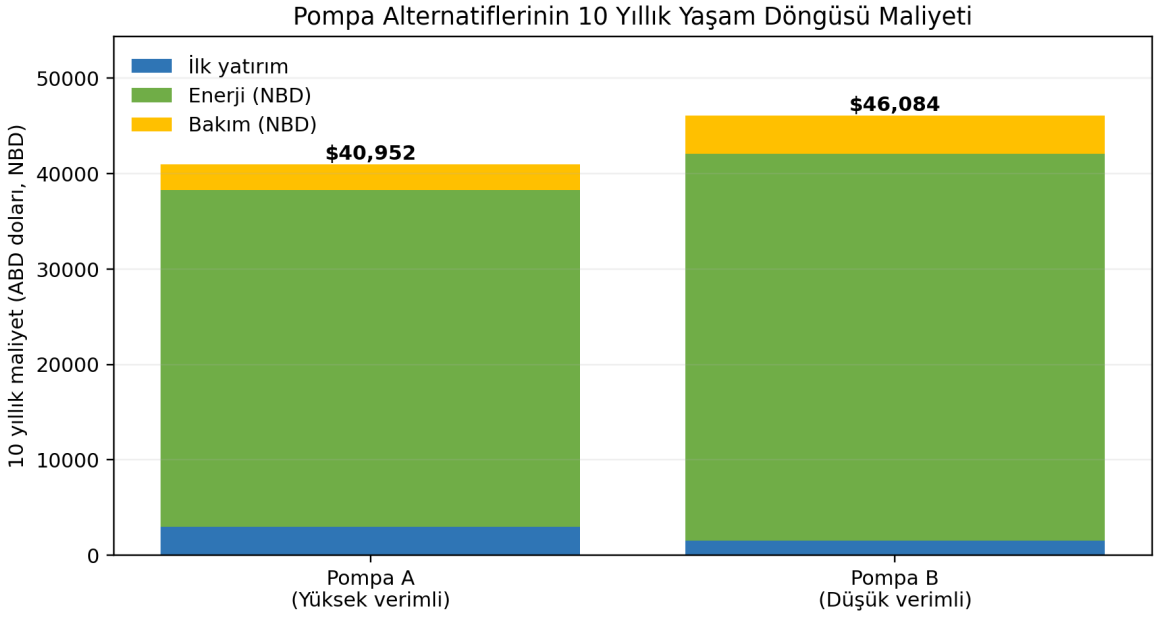
Pompa A'nın yıllık enerji tüketimi 15 kW × 2,920 saat = 43,800 kWh; enerji gideri 43,800 kWh × 0.12 ABD doları/kWh = 5,256 ABD dolarıdır, Pompa B için aynı hesaplama 50,370 kWh ve 6,044.40 ABD doları sonucunu vermektedir, Pompa B'nin yıllık enerji farkı 788.40 ABD doları; bakım farkıyla birlikte toplam yıllık ek gideri 988,40 ABD dolarıdır,

3.2. On yıllık indirgenmiş maliyet

%8 reel iskonto oranı ve 10 yıllık dönem için PVIFA katsayısı 6,7101 olarak hesaplanmıştır, Yıllık enerji ve bakım giderleri bu katsayıyla bugünkü değere çevrilmiş ve ilk yatırım maliyetine eklenmiştir,

Alternatif	İlk yatırım	Enerji NBD	Bakım NBD	Toplam LCC
Pompa A	3.000,00 $	35.268,19 $	2.684,03 $	40.952,22 $
Pompa B	1.500,00 $	40.558,42 $	4.026,05 $	46.084,46 $

Tablo 2. Pompa alternatiflerinin 10 yıllık indirgenmiş yaşam döngüsü maliyetleri



Şekil 1. Pompa alternatiflerinin 10 yıllık LCC bileşimi (yazarların hesaplaması)

Modelde Pompa A'nın toplam LCC değeri 40.952,22 ABD doları. Pompa B'nin değeri 46.084,46 ABD dolarıdır, Böylece yüksek verimli alternatif 10 yılda bugünkü değerle 5.132,24 ABD doları daha düşük maliyet üretmektedir, Pompa A için ödenen 1,500 ABD dolarlık ek ilk yatırımın basit geri ödeme süresi 1,52 yıl. yaklaşık 18,2 aydır,

3.3. Duyarlılık değerlendirmesi

İskonto oranı yükseldikçe gelecekteki enerji ve bakım tasarruflarının bugünkü değeri azalır; ancak incelenen aralıkta Pompa A maliyet üstünlüğünü korumaktadır. Bu durum, kararın yalnızca seçilen %8 oranına bağlı olmadığını göstermektedir.

Reel iskonto oranı	Pompa A LCC	Pompa B LCC	Pompa A lehine fark
%5	46.674 $	52.806 $	6.132 $
%8	40.952 $	46.084 $	5.132 $
%12	34.958 $	39.042 $	4.085 $

Tablo 3. İskonto oranına göre LCC duyarlılığı

3.4. Çok değişkenli senaryo analizi

Enerji fiyatı, çalışma süresi ve Pompa B'nin güç farkı birlikte değiştirildiğinde Pompa A lehine 10 yıllık LCC farkı aşağıdaki gibi oluşmaktadır. Tablodaki pozitif değerler, yüksek verimli Pompa A'nın daha düşük yaşam döngüsü maliyetine sahip olduğunu göstermektedir.

Enerji fiyatı ($/kWh)	Saat/yıl	Güç farkı	A lehine LCC farkı	Basit geri ödeme
0,08	2.000	%5	647 $	4,69 yıl
0,08	2.920	%15	3.369 $	2,07 yıl
0,12	2.920	%5	1.605 $	3,24 yıl
0,12	2.920	%15	5.132 $	1,52 yıl
0,12	4.000	%25	11.920 $	0,75 yıl
0,18	2.920	%15	7.777 $	1,08 yıl
0,18	4.000	%25	17.959 $	0,52 yıl

Tablo 4. Enerji fiyatı, çalışma süresi ve güç farkına göre çok değişkenli senaryolar

En düşük kullanım ve verim farkını temsil eden 0,08 ABD doları/kWh, 2.000 saat/yıl ve %5 güç farkı birleşiminde Pompa A'nın ekonomik avantajı belirgin biçimde daralmakta ve geri ödeme süresi uzamaktadır. Buna karşılık çalışma süresi, enerji fiyatı veya güç farkı yükseldikçe Pompa A lehine LCC farkı hızla büyümektedir. Bu sonuç, yüksek verimli pompa yatırımının ekonomik gerekçesinin özellikle yüksek kullanım yoğunluğu ve yüksek enerji fiyatı koşullarında güçlendiğini göstermektedir.

4. Tartışma

Örnek model, düşük satın alma fiyatının toplam ekonomik üstünlük anlamına gelmediğini göstermektedir. Pompa B ilk aşamada 1.500 ABD doları daha ucuz görünmesine karşın, daha yüksek elektrik gücü ve bakım gideri nedeniyle yaklaşık bir buçuk yıl içinde bu avantajını kaybetmektedir. On yıllık dönemde maliyet farkının temel kaynağı enerjidir. Bu bulgu, yoğun kullanılan pompa sistemlerinde ilk yatırımın yaşam döngüsü kararının yalnızca bir bileşeni olduğunu vurgulayan LCC yaklaşımıyla uyumludur.

Çok değişkenli analiz, sonucun evrensel bir "yüksek verimli pompa her koşulda daha ekonomiktir" önermesine indirgenemeyeceğini göstermektedir. Ekonomik üstünlük; yıllık görev süresi, enerji tarifesi, iki alternatifin toplam verim farkı, bakım farkı ve iskonto oranının ortak sonucudur. Dutta vd. (2023) de pompalama sistemi LCC analizinde enerji, bakım ve işletme koşullarının birlikte modellenmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle ihale veya yatırım aşamasında tek bir nominal verim değeri yerine yük profiline göre ağırlıklandırılmış toplam sistem verimi kullanılmalıdır.

Model yalnızca doğrudan enerji ve bakım farkını içermektedir. Düşük verimli veya yanlış seçilmiş pompanın kavitasyon, titreşim, plansız duruş, boru yorulması ve basınç dalgalanması üzerinden yaratabileceği maliyetler hesaplamaya katılmamıştır. Benzer biçimde, kaçak suyun üretim ve arıtma maliyeti ile suya gömülü enerji de C_{env} bileşenine dahil edilmemiştir. Bu kalemlerin güvenilir saha verileriyle eklenmesi, yüksek verimli seçeneğin ekonomik avantajını büyütebilir; ancak bu beklenti yeni veri olmadan nicel bir bulgu olarak ileri sürülemez.

Akıllı su yönetiminin katkısı, yalnızca sensör kurmak değil; ölçülen veriyi işletme kararına dönüştürmektir. Kuyu ve terfi istasyonlarında debi, basınç, su seviyesi, elektrik gücü, özgül enerji tüketimi ve titreşim birlikte izlenmelidir. Yıllık üretim-tüketim dengesi, talep tahmini ve arıza kayıtlarıyla birleştirildiğinde pompaların gerçek çalışma noktaları görülebilir; VFD set değerleri, bakım zamanı ve yenileme yatırımları kanıta dayalı olarak planlanabilir.

Basınç optimizasyonu ile pompa işletmesinin birlikte ele alınması, enerji ve su kaybı hedefleri arasındaki bağı görünür kılar. Tian vd. (2023) basınç yönetiminin şebeke kaçağı kontrolündeki rolünü; Brentan vd. (2024) ise pompa işletme optimizasyonunda enerji verimliliği ile su kalitesinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmalar, yalnızca elektrik maliyetini en aza indiren bir çizelgenin hizmet basıncı veya su yaşı bakımından optimum olmayabileceğini desteklemektedir.

Bununla birlikte değişken hızlı işletmenin düşük debilerde su yaşını artırma gibi su kalitesi yönünden olası etkileri de değerlendirilmelidir. Dolayısıyla optimum çözüm yalnızca enerji minimizasyonu değil; hizmet basıncı, su kalitesi, kaçak, güvenilirlik ve maliyet kısıtlarını birlikte karşılayan çok ölçütlü bir işletme politikasıdır.

5. Uygulama İçin Önerilen Karar Çerçevesi

- Baz durum ölçümü: En az bir yıllık debi, basınç, seviye, güç, çalışma saati, arıza ve bakım verisi toplanmalıdır.
- Hidrolik doğrulama: Pompa eğrisi ile sistem eğrisi eşleştirilmeli; görev noktalarının BEP'e uzaklığı ve statik/dinamik yük bileşenleri belirlenmelidir.
- Enerji göstergeleri: kWh/yıl yanında kWh/m³ ve mümkünse maliyet/m³ göstergeleri raporlanmalıdır.
- Alternatif geliştirme: Çark çapı düzeltmesi, uygun pompa seçimi, paralel pompa düzeni, VFD kontrolü ve hat kayıplarını azaltan seçenekler birlikte incelenmelidir.
- LCC ve risk analizi: İlk yatırım, enerji, bakım, duruş, çevresel etki ve kullanım sonu maliyetleri NBD ile karşılaştırılmalı; enerji fiyatı, iskonto oranı ve çalışma saati için duyarlılık analizi yapılmalıdır.
- Sürekli doğrulama: Yatırım sonrası gerçekleşen tasarruflar sayaç ve SCADA verileriyle doğrulanmalı; model yılda en az bir kez güncellenmelidir.

6. Sonuç

Bu çalışma, pompa sistemlerinin su verimliliği ile enerji verimliliği arasındaki ilişkinin teknik ve finansal boyutlarını örnek senaryo üzerinden bütünleştirmiştir. Aynı hidrolik hizmeti sağlayan iki alternatifin karşılaştırılmasında, ilk yatırım maliyeti daha yüksek olan Pompa A'nın 10 yıllık indirgenmiş yaşam döngüsü maliyeti daha düşük bulunmuştur. Ek yatırım yaklaşık 1,52 yılda geri dönmekte ve 10 yıllık dönemde yaklaşık 5,1 bin ABD doları bugünkü değer avantajı oluşturmaktadır.

Sonuçlar, pompa yatırımlarının yalnızca etiket fiyatı ve nominal güç üzerinden değil; gerçek görev noktaları, yıllık çalışma profili, toplam verim, bakım ihtiyacı ve paranın zaman değeri üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Akıllı sensörler ve veri yönetimi bu yaklaşımın ölçüm omurgasını oluştururken, basınç yönetimi enerji tasarrufunu su kayıplarının azaltılmasıyla ilişkilendirmektedir.

Çalışmanın kavramsal ve varsayımsal niteliği temel sınırlılıktır. Gelecek araştırmalarda modelin gerçek bir belediye kuyu istasyonu, terfi merkezi veya tarımsal/endüstriyel işletmede; ölçülmüş debi-basınç-güç verileri, pompa eğrileri, arıza kayıtları ve gerçek enerji tarifeleriyle sınanması önerilmektedir. Böyle bir uygulama, LCC hesabına kaçak su, duruş ve karbon maliyetlerinin de eklenmesini sağlayacaktır.

Kaynakça

Brentan, B., Mota, F., Menapace, A., Zanfei, A., & Meirelles, G. (2024). Optimizing pump operations in water distribution networks: Balancing energy efficiency, water quality and operational constraints. Journal of Water Process Engineering, 63, 105374. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105374

Darweesh, M. S. (2018). Assessment of variable speed pumps in water distribution systems considering water leakage and transient operations. Journal of Water Supply: Research and Technology—Aqua, 67(1), 99–108. https://doi.org/10.2166/aqua.2017.086

De Paola, F., & Giugni, M. (2012). Leakages and pressure relation: An experimental research. Drinking Water Engineering and Science, 5, 59–65. https://doi.org/10.5194/dwes-5-59-2012

Dutta, N., Palanisamy, K., Shanmugam, P., Subramaniam, U., & Selvam, S. (2023). Life cycle cost analysis of pumping system through machine learning and hidden Markov model. Processes, 11(7), 2157. https://doi.org/10.3390/pr11072157

Hydraulic Institute, Europump, & U.S. Department of Energy. (2001). Pump life cycle costs: A guide to LCC analysis for pumping systems—Executive summary. U.S. Department of Energy.

ISO. (2019). ISO 14414:2019 Pump system energy assessment. International Organization for Standardization.

Marchi, A., Simpson, A. R., & Ertugrul, N. (2012). Assessing variable speed pump efficiency in water distribution systems. Drinking Water Engineering and Science, 5, 15–21. https://doi.org/10.5194/dwes-5-15-2012

Mosetlhe, T. C., Hamam, Y., Du, S., & Monacelli, E. (2020). A survey of pressure control approaches in water supply systems. Water, 12(6), 1732. https://doi.org/10.3390/w12061732

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023a). Değişen İklime Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023–2033). Ankara.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023b). Su verimliliği: Aynı faydanın daha az su ile sağlanması. https://www.suverimliligi.gov.tr/

Taloma, R. J. L., Cuomo, F., Comminiello, D., & Pisani, P. (2025). Machine learning for smart water distribution systems: Exploring applications, challenges and future perspectives. Artificial Intelligence Review, 58, 120. https://doi.org/10.1007/s10462-024-11093-7

Tian, Y., Gao, J., Chen, J., Xie, J., Que, Q., Munthali, R. M., & Zhang, T. (2023). Optimization of pressure management in water distribution systems based on pressure-reducing valve control: Evaluation and case study. Sustainability, 15(14), 11086. https://doi.org/10.3390/su151411086

U.S. Department of Energy. (2006). Improving pumping system performance: A sourcebook for industry (2nd ed.). Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.

KONTAK MALZEMELERİ İÇİN ELEKTRİK KONTAK PERFORMANSI ÖLÇÜM CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ

Yusuf AVŞAR (Birinci yazar)[1]/ Doğanay IŞIK[2] / Mehmet Zeki ONAR1[3]/ Batuhan ÖZER[4]/ Prof. Dr. Nihat DALDAL[5]/ Prof. Dr. Yahya ALTUNPAK[6]

[1] BAİBÜ, Makine Mühendisliği, yusufavsar02@hotmail.com, 0009-0000-2468-525X

BAİBÜ, Makine Mühendisliği, doganayisk@gmail.com,0009-0005-3206-9728

BAİBÜ, Makine Mühendisliği, mehmetonar213404049@gmail.com, 0009-0002-1236-9684

[4]BAİBÜ, Elektrik Elektronik Mühendisliği. nihatdaldal@ibu.edu.tr , 0009-0003-4547-1279

[5]BAİBÜ, Elektrik Elektronik Mühendisliği. nihatdaldal@ibu.edu.tr , 0000-0001-7345-2727

[6]BAİBÜ, Makine Mühendisliği. altunpak_y@ibu.edu.tr, 0000-0001-8676-4789

Özet

Günümüzde anahtarlama sistemlerinde kullanılan elektrik kontakları, akımın iletilmesini ve kesilmesini sağlayan oldukça önemli parçalardır. Modern anahtarlama sistemlerinde, elektrik kontakları akımın iletimini ve kesilmesini sağlayan kritik bileşenlerdir. Bununla birlikte, özellikle yüksek akım akışları sırasında ark oluşumu ve temas kuvvetleri gibi faktörler, zamanla bu malzemelerde aşınmaya ve bozulmaya neden olarak cihazların performansını ve ömrünü olumsuz etkileyebilir. Bu çalışma, elektrik kontak malzemelerinin dayanıklılığını ve genel performansını test edebilen bir ölçüm cihazı tasarlamayı ve üretmeyi amaçlamaktadır. Sistem, endüktif yük altında ve 220V gerilimde alternatif akım (AC) koşullarında, değişen anahtarlama döngülerinde, değişen akım değerlerinde ve belirli bekleme sürelerinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu bağlamda, belirli kuvvet ve frekans aralıklarında tutarlı hareket edebilen mekanik olarak kararlı bir deneysel düzenek, reçine emdirilmiş ahşap elyaf kompozit malzemeler kullanılarak işleme yoluyla tasarlanmış ve üretilmiştir. Elektronik kontrol ünitesi ve temel yazılım altyapısı için kontrol merkezi olarak bir Arduino Nano kartı kullanılmıştır. Tasarlanan devrenin çalışma mantığı ve elektronik bağlantıları, fiziksel üretimden önce Proteus ISIS simülasyon ortamında doğrulanmıştır. Simülasyonu başarıyla geçen devrenin baskılı devre kartı (PCB), Proteus ARES programı kullanılarak oluşturulmuştur. Sistemin merkezinde, periyodik olarak anahtarlanan, test edilecek temas malzemesi terminallerine sahip bir kontaktör bulunur. Yük devresinden geçen akım, Hall etkisi tabanlı bir ACS712 sensörü tarafından anlık olarak ölçülür. Kullanıcı arayüzü, test parametrelerini ayarlamak için düğmelerden ve test ilerlemesini gerçek zamanlı olarak gösteren 16x2 LCD ekrandan oluşur. Ayarlanan güvenlik limiti, mikrodenetleyicinin kalıcı belleğine (EEPROM) kaydedilir. Elde edilen test verilerinin, temas malzemelerinin seçimi, tasarımı ve hizmet ömrünün tahmin edilmesi gibi alanlarda faydalı olacağına ve ayrıca endüstride daha güvenilir ve verimli elektrik kontaklarının geliştirilmesine katkıda bulunacağına inanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Elektrik ark performans cihazı, Kontak malzemeleri, Otomatik Test Sistemi, Proteus, PCB Tasarımı

DESIGN AND MANUFACTURING OF AN ELECTRICAL CONTACT PERFORMANCE MEASUREMENT DEVICE FOR CONTACT MATERIALS

Abstract

Today, electrical contacts used in switching systems are crucial components that enable the transmission and interruption of current. In modern switching systems, electrical contacts are crucial components that enable the transmission and interruption of current. However, factors such as arc formation and contact forces, especially during high current flows, can cause wear and deterioration in these materials over time, negatively impacting the performance and lifespan of the devices. This project aims to design and manufacture a measuring device capable of testing the durability and overall performance of electrical contact materials. The system is designed to operate under inductive load and alternating current (AC) conditions with a voltage of 220V, varying switching cycles, changing current values, and specific waiting times. In this context, a mechanically stable experimental setup capable of consistent movement within specific force and frequency ranges was designed and manufactured using resin-impregnated wood fiber composite materials via machining. An Arduino Nano board was used as the control center for the electronic control unit and basic software infrastructure. The operating logic and electronic connections of the designed circuit were verified in the Proteus ISIS simulation environment before physical production. The printed circuit board (PCB) of the circuit, which successfully passed the simulation, was created using the Proteus ARES program. At the heart of the system is a contactor with contact material terminals to be tested, which is periodically switched. The current flowing through the load circuit is measured instantaneously by a Hall effect-based ACS712 sensor. The user interface consists of buttons for adjusting test parameters and a 16x2 LCD screen displaying the test progress in real time. The set safety limit is saved to the microcontroller's permanent memory, EEPROM. It is believed that the obtained test data will be useful in areas such as the selection, design, and prediction of the service life of contact materials, and will also contribute to the development of more reliable and efficient electrical contacts in industry.

Keywords: Electrical arc performance device, Contact materials, Automatic Test System, Proteus, PCB Design

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte, elektrikli ve elektronik sistemler hayatımızın her alanına yayılmış durumdadır. Bu sistemlerin en temel parçalarından biri olan elektrik kontaklarının performansı da oldukça önemli hale gelmiştir. Elektromekanik anahtarlama cihazlarının (röleler, kontaktörler, devre kesiciler) kalbi, akım yolunu fiziksel olarak açıp kapatan elektrik kontaklarıdır. Bu cihazlar, endüstrinin ve modern yaşamın vazgeçilmez bir parçasıdır. Başlıca kullanım alanları arasında; Motor Kontrolü: Sanayideki üretim hatları, pompalar, fanlar, asansörler ve HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) sistemlerindeki elektrik motorlarının çalıştırılması, durdurulması ve yönünün değiştirilmesi. Aydınlatma Sistemleri: Stadyumlar, otoyollar ve büyük ticari binalardaki aydınlatma gruplarının toplu olarak anahtarlanması. Isıtma ve Kompanzasyon: Endüstriyel fırınlar gibi yüksek güçlü rezistif yüklerin kontrolü ve enerji tesislerinde güç faktörünü düzeltmek için kapasitör bankalarının devreye alınıp çıkarılması yer alır (Slade, 2013). Bu kontakların ne kadar dayanıklı ve işlevsel olduğu, bağlı oldukları cihazların güvenilirliği, enerji verimliliği ve kullanım ömrü üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu kritik uygulamalarda kullanılan cihazların güvenilirliği ise, büyük ölçüde kontak uçlarında kullanılan kontak malzemesinin özelliklerine bağlıdır (Braunovic, 2009). Bir kontak devreyi kestiğinde, kontak uçları arasında yüksek sıcaklıkta bir plazma olan elektrik arkı oluşur. Bu ark, kontak yüzeyinde erozyona, malzeme transferine ve zamanla kontak direncinde artışa neden olur (Holm, 2013). Bu nedenle, farklı kontak malzemelerinin geliştirilmesi ve performanslarının doğrulanması, malzeme bilimi ve elektrik mühendisliğinin önemli bir araştırma alanıdır (Chen ve Shen, 2012). Yüksek akım ve gerilim geçişlerinde ortaya çıkan elektrik arkı nedeniyle malzemede aşınma, erozyon, oksitlenme ve yüzey bozulmaları oluşur. Bu durum, kontak direncinin artmasına, aşırı ısınmaya ve sonuçta cihazın performans kaybetmesine veya arızalanmasına neden olur. Böyle arızalar sadece ekonomik kayıp yaratmakla kalmaz, aynı zamanda sistemlerin durmasına ve güvenlik risklerine de yol açabilir. Bu yüzden elektrik kontaklarının hem elektriksel hem mekanik özelliklerinin iyi anlaşılması, performanslarının test edilip iyileştirilmesi günümüz mühendisliği için çok önemlidir.

Kontaktörler, elektrik motorları, ısıtıcılar veya aydınlatma sistemleri gibi yüksek güçlü elektrik yüklerini anahtarlamak (açıp kapatmak) için kullanılan elektromanyetik anahtarlardır. Basitçe ifade etmek gerekirse, bir kontaktör yüksek akımları güvenli ve uzaktan kontrol etmenizi sağlayan bir nevi uzaktan kumandalı güç anahtarıdır. Elektrik kontakları, elektrik devrelerinde akımı iletmek veya kesmek için kullanılan temel parçalardır. Günümüzde, modern elektrik ve elektronik

cihazlarda vazgeçilmez bileşenler olarak yer alırlar. Kontaktörler, röleler, devre kesiciler, şalterler ve anahtarlar gibi pek çok farklı uygulamada aktif şekilde görev yaparlar (Chen ve ark., 2006). Bir elektrik kontağı genellikle sabit ve hareketli olmak üzere iki temel parçadan oluşur. Bu parçalar, bir mekanizma yardımıyla birbirine temas eder veya ayrılarak devreyi açıp kapatır. Ancak kontak yüzeyleri arasında elektrik iletimi, tam ve düz bir temas şeklinde gerçekleşmez. Aslında, mikroskobik seviyede düzensiz ve sınırlı sayıda temas noktası bulunur. Bu durum, akımın geçişi sırasında kontaklarda belirli bir elektriksel direnç oluşmasına yol açar. Kontak direnci; malzemenin özellikleri, yüzey pürüzlülüğü, uygulanan temas kuvveti, sıcaklık ve üzerindeki oksit tabakaları gibi birçok etkene bağlıdır (Wei ve ark., 2016). Kontak direncinin düşük ve sabit kalması, enerji kayıplarını azaltmak ve cihazın güvenilirliğini artırmak açısından büyük önem taşır. Ayrıca, kontakların sağlıklı çalışması için belirli bir mekanik kuvvetle doğru kapanması ve kalıcı temas sağlaması gerekir. Elektrik kontakları açılırken veya kapanırken, özellikle yüksek akım ve gerilim koşullarında, kontak yüzeyleri arasında bir boşalma, yani elektrik arkı oluşabilir. Bu ark, kontaklar arasındaki yalıtım ortamının (genellikle hava) iyonize olması sonucu oluşan, yüksek sıcaklıkta ve yüksek enerjili bir plazma deşarjıdır. Arkın oluşumu, devrenin endüktif yapısı, akım şiddeti, gerilim değeri ve kontak açılma hızı gibi parametrelere bağlıdır (Güler, 2022). Elektrik arkı, kontak malzemeleri üzerinde son derece yıkıcı etkilere sahiptir. Arkın yüksek sıcaklığı kontak yüzeylerinde erime, buharlaşma, yeniden katılaşma, malzeme transferi ve aşınmaya neden olur. Uzun süreli veya şiddetli arklar, kontakların kaynaklanmasına veya tamamen kullanılamaz hale gelmesine neden olabilir (Hidalgo-Manrique ve ark., 2019). Bu nedenle, elektrik kontaklarının tasarımı ve malzeme seçimi, arkın olumsuz etkilerini en aza indirme hedefine odaklanmıştır. Elektrik kontak malzemelerinin seçimi, kullanılacak sistemin ihtiyaçlarına göre çok önemlidir. İdeal kontak malzemesi, yüksek elektrik ve ısı iletkenliğine sahip olmalı, kontak direnci düşük olmalı, erime noktası yüksek olmalı, ark aşınmasına ve korozyona karşı dayanıklı olmalı ve mekanik olarak da uygun özellikler göstermelidir. Tablo 1 'de, elektrik kontaklarında kullanılan bazı elektrik kontak malzemelerinin elektriksel iletkenlik, erime noktası, ark erozyon direnci ve korozyon direnci gibi temel özellikleri karşılaştırılmıştır. Chen ve arkadaşları (2006); nanokompozit W-Cu elektrik kontak malzemelerinin ark erozyon davranışlarını incelemişler ve bu malzemelerin yüksek termal iletkenlikleri sayesinde ark erozyonuna karşı direnç gösterdiğini ortaya koymuşlardır. (Wei ve ark. 2016). Diğer bir araştırmada; seramik katkılı metalik tozlardan üretilen kontak malzemelerinin karakterizasyonu yapılmış ve bu malzemelerin yüksek ark direnci gösterdiğini bulunmuştur (Güler ve ark. 2022). Gümüş, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, düşük kontak direnci ve iyi korozyon dayanımı sayesinde en çok kullanılan kontak malzemelerinden biridir (Hidalgo-Manrique ve ark., 2019). Ancak saf gümüş yumuşak olduğu için ark aşınmasına ve sülfürlenmeye karşı biraz hassastır. Bu sorunları azaltmak için kadmiyum oksit (Ag/CdO), kalay oksit (Ag/SnO2), nikel (Ag/Ni) ve grafit (Ag/C) gibi maddelerle alaşım yapılır ya da kompozit malzemeler olarak kullanılır (Wei ve ark., 2016). Wei ve Arkadaşları ZnO katkılı Ag/ZnO kontak malzemelerinin elektrik ark davranışlarını analiz etmiş ve toz metalurji yöntemlerinin malzeme özelliklerini iyileştirmede etkili olduğunu göstermişlerdir. Bakır, gümüşten sonra en iyi iletkenliğe sahip metallerden biridir. Düşük maliyeti ve sağlam mekanik özellikleri sayesinde birçok yerde tercih edilir. Fakat oksitlenmeye yatkın olması ve erime noktasının nispeten düşük olması, yüksek akımlı anahtarlamalarda dezavantaj oluşturabilir. Literatürde kontak malzemelerinin elektrik iletkenliği, ısı dayanımı, mekanik güç ve aşınma direnci gibi özellikleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, bu özelliklerin gerçek kullanım koşullarında, tekrar tekrar açma-kapama hareketleri ve farklı elektrik yükleri altında sayısal olarak ölçülmesi hâlâ araştırma konusu olmaya devam ediyor. Piyasadaki ticari test cihazları çoğunlukla pahalı veya belirli testlere yönelik yapıldığından, Ar-Ge çalışmaları ve yeni kontak malzemelerinin geliştirilmesi için daha uygun, esnek ve erişilebilir test sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 1 Bazı elektrik kontak malzemelerinin özelliklerinin karşılaştırması

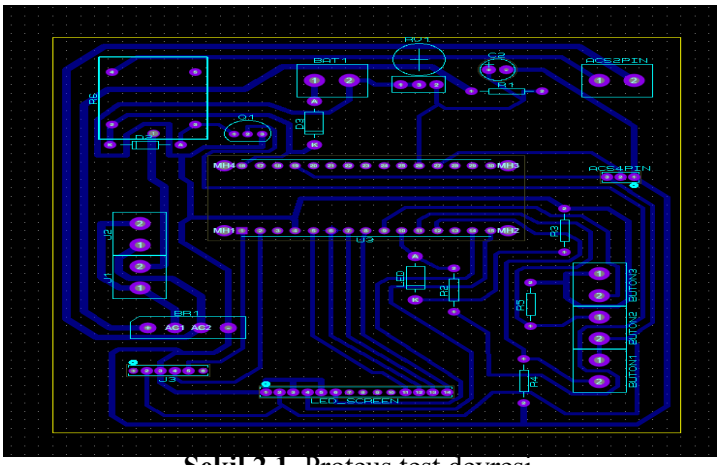
Malzeme	Elektriksel İletkenlik (% IACS)	Erime Noktası (°C)	Yoğunluk (g/cm³)	Ark Erozyon Direnci	Korozyon Direnci	Tipik Uygulama Alanları
Saf Gümüş (Ag)	105	962	10.49	Orta	Orta	Röleler, Anahtarlar
Bakır (Cu)	100	1085	8.96	Düşük	Düşük	Güç Kontaktörleri
Altın (Au)	70	1064	19.30	Çok Düşük	Yüksek	Hassas Sinyal Röleleri

Paladyum (Pd)	16	1555	12.02	Orta	Yüksek	Telefon Röleleri
Tungsten (W)	30 (yaklaşık)	3422	19.25	Yüksek	Orta	Yüksek Akım Kesiciler
Ag/CdO	70-85	962 (Ag)	9.8-10.2	İyi	İyi	Güç Röleleri, Kontaktörler
Ag/SnO_2	60-75	962 (Ag)	9.0-9.5	Çok İyi	İyi	Modern Kontaktörler

Bu çalışmada, elektrik kontak malzemelerinin performansını dinamik olarak ölçebilecek özgün bir test cihazı tasarlanıp üretilmesi amaçlanmakla birlikte Arduino Nano mikrokontrolcüsü kullanılarak kontaktör tetikleme sistemi oluşturmak, sistem üzerinden geçen akımı gerçek zamanlı olarak izlemek ve akım limiti aşımı durumunda sistemin otomatik durmasını sağlamaktır. Tasarımda cihazın sağlamlığı, tekrarlanabilirliği, hassas hareket kabiliyeti ve ileride yapılacak ölçümlere uygunluğu ön planda tutulmuştur.

2. YÖNTEM

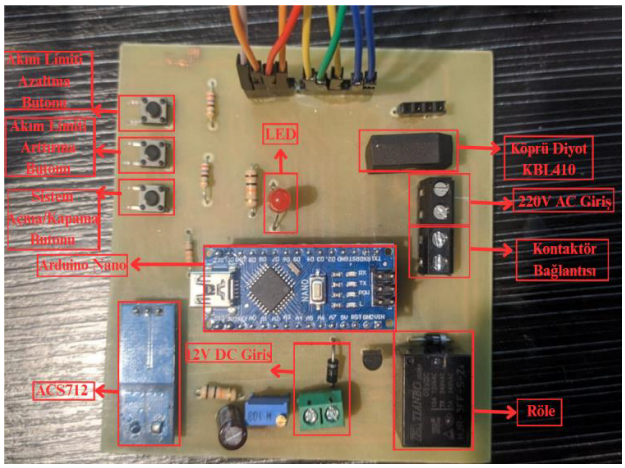
Geliştirilen elektrik kontak performans cihazı, talaşlı imalat yöntemiyle üretilecek seramik takviyeli metal esaslı kompozit kontak malzeme numunelerinin ark erozyon performansını deneysel olarak belirlemek amacıyla tasarlanmış bir test düzeneğidir. Cihazın gövdesi, mekanik dayanım, stabilite ve rijitlik sağlamak kullanılarak imal edilmiştir. Bu malzeme seçimi, cihazın operasyon sırasında oluşabilecek titreşimleri minimize etmesi ve yüksek hassasiyetli hareket mekanizmasına sağlam bir temel sunması amacıyla yapılmıştır. Sabit ve hareketli kontak tutucuları, test edilecek kontak malzeme numunelerinin kolayca monte edilebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Özellikle kontak terminalleri, yüksek elektriksel iletkenlik ve mekanik dayanım sunan malzemelerinden talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. Cihazın farklı parçaları için malzeme seçimi yapılırken ana taşıyıcı ve yapısal parçalar için, yüksek dayanıklılık, hafiflik ve kolay işlenebilme özellikleri sebebiyle reçine emdirilmiş ahşap fiber malzeme tercih edilmiştir. Bu parçalar genellikle manuel frezeleme yöntemiyle üretilmiştir. Elektriksel iletkenlik ve aşınma direncinin önemli olduğu kontak tutucular gibi hassas parçalar ise, sıkı boyut toleransları gerektiği için tornalama ve frezeleme yöntemleriyle imal edilmiştir. Bobinin ürettiği çekme veya itme kuvveti, oluşturulan manyetik alanın gücüne ve mesafesine bobin sarım sayısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Kontakların dinamik açma-kapama hareketini sağlayan ana aktüatör olan solenoid(bobin) 220V AC gerilim ile çalışmaktadır. Yayın, kontak açılma hareketi boyunca uyguladığı geri dönüş kuvveti solenoidin çekme kuvveti baz alınarak ayarlanmıştır. Kontakların birbirine temas ettiği anda uygulanan kuvvet, yani temas kuvveti, elektrik ark oluşumunu minimize etmek, güvenilir elektriksel iletim sağlamak ve düşük kontak direnci elde etmek için kritik öneme sahiptir. Bu kuvvet, genellikle solenoidin itme kuvveti ile bir geri dönüş yayının kombinasyonu ve mekanik kaldıraç sistemleri aracılığıyla sağlanır. Solenoidin çekme kuvveti, hareketli kontağı sabit kontağa doğru iterken, geri dönüş yayı bu harekete karşı koyar. Sistem, bir kontrol bölümü ve bir yük bölümünden oluşmaktadır. Kontrol bölümü, Arduino Nano ve ona bağlı sensörler, butonlar, röle, LCD ve Bluetooth modülünü içerir. Yük bölümü ise test edilecek kontak malzemelerini taşıyan kontaktör, bu kontaktörün bobinini süren yükü barındırır. Fiziksel donanımın üretimi ve montajından önce, tasarlanan devrenin ve yazılımın beklendiği gibi çalıştığını doğrulamak amacıyla Proteus Design Suite programının ISIS modülünde bir simülasyon gerçekleştirilmiştir (Lami, 2010). Bu projede geliştirilen sistemin elektronik altyapısı, Proteus Design kullanılarak oluşturulmuştur. Devre, Arduino Nano mikrodenetleyici çevresinde yapılandırılmış olup; şematik çizim ve baskı devre (PCB) tasarımı tek bir platformda entegre şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Tasarım doğrultusunda hazırlanan tek katmanlı PCB üzerinde bileşen yerleşimi, minimum iz uzunluğu ve elektromanyetik parazit azaltımı dikkate alınarak planlanmıştır. Giriş/çıkış bağlantıları için uygun pin konumlandırmaları yapılmış, üretim öncesi kontroller Proteus üzerinden simülasyonla sağlanmıştır.



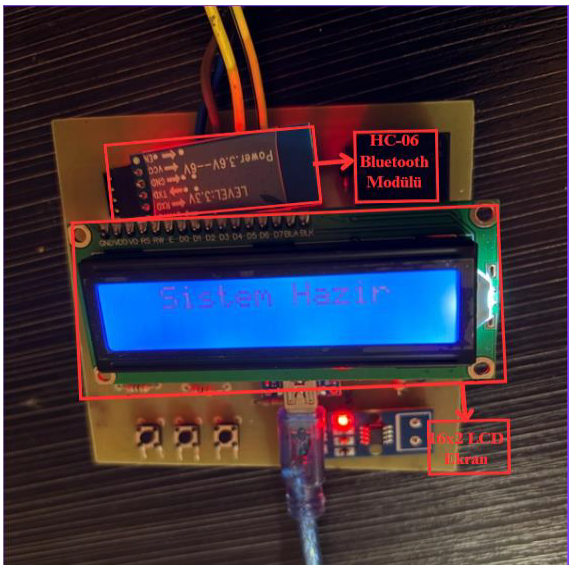
Şekil 2.1. Proteus test devresi

3. BULGULAR

Üretilen cihazın mekanik kısmı, tasarımda planlandığı şekilde çalışmaktadır. 220 V ile çalışan solenoid, enerjilendiğinde ve enerjisi kesildiğinde ileri-geri hareket ederek bağlı olduğu mekanik kolu itip çekebilmektedir. Bu hareket sayesinde, hareketli kontak sabit kontağa düzgün bir şekilde temas etmekte ve ayrılmaktadır. Yapılan gözlemler ve hem manuel hem de otomatik testler sonucunda, açma-kapama döngülerinin sorunsuz, tekrarlanabilir ve istenilen hızda gerçekleştiği görülmüştür. Bu da cihazın, elektriksel kontak çevrimlerini mekanik olarak başarılı bir şekilde gerçekleştirebildiğini göstermektedir. Cihazın ana şase yapısı için seçilen malzemenin ve kritik mekanik parçalar için tercih edilenler bobin beklenen mekanik dayanım ve stabiliteyi sağlamıştır. Üretim yöntemleri manuel frezeleme, talaşlı imalat ile elde edilen boyut hassasiyeti, tüm bileşenlerin sorunsuz ve toleranslar dahilinde monte edilmesine olanak tanımıştır. Aşağıda, sistemin bitmiş haline ait genel iki fotoğraf ile devreyi oluşturan bileşenlerin işaretlenmiş görselleri yer almaktadır. Bu görseller, sistemin donanım mimarisinin ve her bir bileşenin devredeki konumunun somut bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır (Şekil 3.1). Cihazın elektronik kontrol ünitesi, tasarlanan algoritmaya uygun şekilde sorunsuz çalışmaktadır. Solenoide açma-kapama komutlarını doğru şekilde gönderebilmekte, test döngülerini sayarak sayaç bilgisini güncel tutmakta ve bu bilgileri LCD ekranda düzgün bir şekilde göstermektedir. Devreye 220V'luk bir şebeke gerilimi ve yük olarak bir ampül ve test kontaktörü (yaklaşık 0.3-0.5A akım çeker) bağlanmıştır. Sistem çalıştırıldığında, LCD ekranda ve seri port ekranında "Akim:" kısmında okunan değerin, devredeki akımı ölçen pens ampermetrenin gösterdiği değere çok yakın (±%5-10 toleransla) olduğu görülmüştür. HC-06 modülü, bilgisayar ile eşleştirilmiş ve Arduino programındaki seri port terminali üzerinden COM portu izlenmeye başlanmıştır. Sistem çalıştırıldığında, LCD ekranda görünen verilerin ("Sayac: ... | Akim: ...") aynı anda ve doğru formatta bilgisayar ekranında da belirdiği gözlemlenmiştir. Bu, seri iletişimin ve Bluetooth modülünün entegrasyonunun başarılı olduğunu göstermiştir. Akım limiti 9.5A gibi spesifik bir değere ayarlandıktan sonra, sistemin gücü tamamen kesilmiş ve birkaç dakika sonra yeniden verilmiştir. Sistemin açılışta ekranda limit olarak doğrudan 9.5A değerini gösterdiği görülmüştür. Bu, EEPROM.put() ve EEPROM.get() fonksiyonlarının veri kalıcılığını başarıyla sağladığını ispatlamıştır (Şekil 3.2). Akımın limiti aştığı tespit edilir edilmez, röle anında bırakmış, kontaktörün enerjisi kesilmiş ve ekranda "Limit Asildi! / Sistem Durdu" uyarısı belirmiştir. Tüm bu testler sonucunda, tasarlanan ve üretilen devrenin tüm donanım ve yazılım fonksiyonlarını eksiksiz ve beklendiği şekilde yerine getirdiği tespit edilmiş ve sistemin malzeme testleri için kullanıma hazır olduğu doğrulanmıştır.

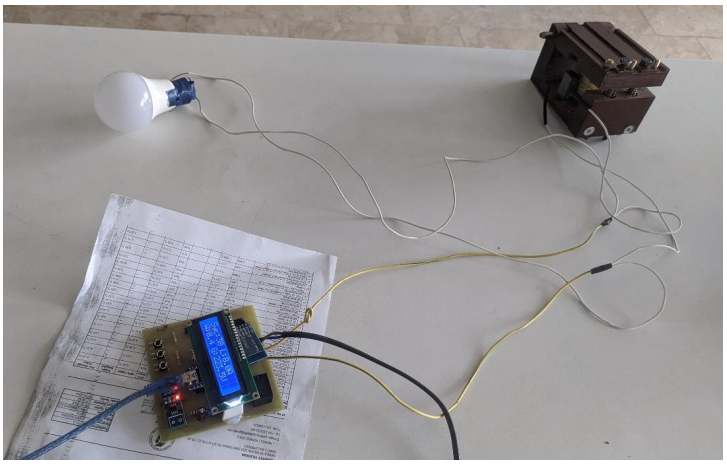


(a)



(b)

Şekil 3.1 Sistemdeki Kompanentlerin Gösterimi



Şekil 3.2. Devreye Test Yükü Bağlı Kontaktör Açık Durumda

TEŞEKKÜR: Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

- Cihazın mekanik şasisi, hareketli kolu, sabit ve hareketli kontak tutucuları gibi tüm bileşenleri SolidWorks ortamında detaylı olarak tasarlanmış ve bu tasarımlara uygun olarak üretim yöntemleriyle üretilmiştir. Üretilen parçalar, beklenen boyut hassasiyetini ve mekanik dayanımı sağlamıştır.
- 220V ile çalışan solenoid aktüatör ve geri dönüş yayından oluşan hareket mekanizması, kontakların hızlı, pürüzsüz ve tekrarlanabilir bir şekilde açılıp kapanmasını sağlamıştır. Gözlemler ve yapılan testler (manuel/otomatik döngüler), cihazın temel mekanik işlevini sorunsuz bir şekilde yerine getirdiğini ve güvenilir bir kontak çevrimi sağladığını kanıtlamıştır.
- Bir mikrodenetleyici tabanlı elektronik kontrol sistemi geliştirilmiş ve entegre edilmiştir. Bu sistem, solenoidin zamanlanmış aktivasyonunu yönetmek, test döngüsü sayacını tutmak ve kullanıcı arayüzü (LCD ekran ve butonlar) aracılığıyla test sürecini takip etme imkânı sunmak gibi otomasyon görevlerini başarıyla yerine getirmiştir.
- Geliştirilen bu cihaz, elektrik kontak malzemelerinin deneysel testleri için tam fonksiyonel bir test düzeneğinin mekanik prototipini oluşturmaktadır.

Öneriler

Kontaklar üzerindeki gerilim düşüşünü veya optik sensörleri kullanarak ark oluşumunu tespit etmek, ark süresini ve enerjisini hesaplayabilmek için yüksek hızlı veri toplama kartlarının (DAQ) veya enerji analizörlerinin sisteme entegrasyonu yapılabilir.

KAYNAKLAR

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Materials Science and Engineering: An Introduction (10th ed.). Wiley

Chen, W., Zhanying, K., Shen, H., & Ding, B. (2006). Arc erosion behavior of a nanocomposite W-Cu electrical contact material. Rare Metals, 25(1), 37-42.

Güler, O. (2022). Katmanlı Metalik Tozlar Kullanılarak Geliştirilen Yeni Tür Elektrik Kontak Malzemelerinin Üretimi ve Karakterizasyonu. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hidalgo-Manrique, P., Lei, X., Xu, R., Zhou, M., Kinloch, I. A., & Young, R. J. (2019). Copper/graphene composites: a review. Journal of Materials Science, 54, 12236-12289.

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). Manufacturing Engineering and Technology (7th ed.). Pearson

Lami Yağmur, Proteus ile Mikrodenetleyici Uygulamaları, Altaş Yayıncılık, 2010, ISBN: 978-9759089290

Milenko Braunovic, Electrical Contacts: Fundamentals, Applications and Technology, CRC Press, 2009, ISBN: 978-1420048639

Paul G. Slade, Electrical Contacts: Principles and Applications, 2nd Edition, CRC Press, 2013, ISBN: 978-1439881309

Ragnar Holm, Electric Contacts: Theory and Application, 4th Edition, Springer Science & Business Media, 2013, ISBN: 978-3662066881

Wei, Z., Zhang, L., Yang, H., Shen, T., & Chen, L. (2016). Effect of preparing method of ZnO powders on electrical arc erosion behavior of Ag/ZnO electrical contact material. Journal of Materials Research, 31(4), 468-479.

Wu, C., Yi, D., Weng, W., Li, S., Zhou, J., & Zheng, F. (2015). Arc erosion behavior of Ag/Ni electrical contact materials. Materials & Design, 85, 511-519.

Young, R. J., Kinloch, I. A., Gong, L., & Novoselov, K. S. (2012). The mechanics of graphene nanocomposites: A review. Composites Science and Technology, 72(12), 1459-1476.

Zhanguo Chen, Yuan-Shou Shen, A Review of Electrical Contact Materials, Materials Sciences and Applications, Volume 3, Issue 7, 2012, https://doi.org/10.4236/msa.2012.37069

MMK TOZLARININ ÜRETİMİNDE KULLANILACAK BİR MEKANİK ALAŞIMLAMA CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ

Mehmet Levent AKBAY (Birinci yazar)[1]/ Berat DEMİRTAŞ[2] , Prof Dr. Yahya ALTUNPAK[3]

[1]Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, levoakbay14@gmail.com , 0009-0006-4195-3651

[2]Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, beratdemirtass16@gmail.com, 0009-0000-4594-7490

[3]BAİBÜ, Makine Mühendisliği. altunpak_y@ibu.edu.tr, 0000-0001-8676-4789

Özet

Bu tez çalışmasında, metal matrisli kompozit (MMK) malzemeler üzerine yapılan akademik çalışmalarda kullanılacak olan mekanik alaşımlama (MA) cihazının yerli, ekonomik ve özgün tasarımı ile üretimi gerçekleştirilmiştir. Talaşlı imalat (torna, freze vb.) yöntemleri kullanılarak cihazın bileşenleri AISI 4140 ve çelikten üretilmiş ve su verilerek sertliği yaklaşık 50-55 HRC seviyesine getirilmiştir. Karıştırıcı kollar ise HSS çeliğinden üretilmiştir. Üretimi tamamlanan cihaz, matkap tezgahına entegre edilerek belli oranlarda Cu+SİC kompozit tozları ilave edilerek öğütme ve alaşımlama deneysel çalışmalarınaa başlanmıştır. Deney aşamasında sistem 350 dev/dk hızda çalıştırılmış; aşırı ısınmayı önlemek amacıyla 30 dakika çalışma ve 20 dakika dinlenme döngüleriyle toplamda 12 saatlik öğütme süresine ulaşılmıştır. Süreç içerisindeki değişimi izlemek için 4. saatte ve 12. saatte numuneler alınarak optik mikroskop altında boyut analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler, gevrek yapıdaki SiC (Silisyum Karbür) takviye partiküllerinin ortalama boyutunun 13.33 µm'den 3.91 µm'ye düştüğü ve ayrıca henüz ölçülemeyen bir kısım SiC tozlarının ise mikron altı boyutlarda olduğu gözlemlenmiştir. Sünek matris malzemesi olan saf bakır (Cu) tozlarının boyutu ise başlangıçta 27.04 µm iken mekanik deformasyon etkisiyle 4. saatte 25.72 µm'ye düşmüş, ancak 12. saatin sonunda soğuk kaynaklanma mekanizmasının baskın gelmesiyle topaklanarak 30.58 µm'ye ulaşmıştır. Bu çalışma, üretilen cihazın sünek-gevrek sistemlerde başarılı bir mekanik alaşımlama yapabildiğini literatürle uyumlu bir şekilde kanıtlamıştır.

Anahtar kelimeler: Mekanik Alaşımlama, Metal Matrisli Kompozit, Boyut Analizi, Soğuk Kaynaklanma

MMK TOZLARININ ÜRETİMİNDE KULLANILACAK BİR MEKANİK ALAŞIMLAMA CİHAZININ TASARIMI VE ÜRETİMİ

Abstract

This thesis presents the domestic, economical, and original design and production of a mechanical alloying (MA) device to be used in academic studies on metal matrix composite (MMC) materials. Using machining methods (lathe, milling, etc.), the components of the device were manufactured from AISI 4140 steel and their hardness was brought to approximately 50-55 HRC by quenching. The mixing arms were made from HSS steel. The completed device was integrated into a drilling machine, and experimental grinding and alloying studies were initiated by adding Cu+SiC composite powders in specific ratios. During the experiment, the system was operated at 350 rpm; to prevent overheating, a total grinding time of 12 hours was achieved with 30-minute operation and 20-minute rest cycles. To monitor the changes during the process, samples were taken at the 4th and 12th hours and dimensional analyses were performed under an optical microscope. The data obtained showed that the average size of brittle SiC (Silicon Carbide) reinforcement particles decreased from 13.33 µm to 3.91 µm, and that some SiC powders, which have not yet been measured, were sub-micron in size. The size of pure copper (Cu) powders, which are the ductile matrix material, was initially 27.04 µm, but decreased to 25.72 µm at the 4th hour due to mechanical deformation, but reached 30.58 µm at the end of the 12th hour due to agglomeration caused by the cold welding mechanism. This study has proven, in line with the literature, that the fabricated device can successfully perform mechanical alloying in ductile-brittle systems.

Keywords: Mechanical Alloying, Metal Matrix Composites, Dimensional Analysis, Cold Welding

1. GİRİŞ

Metal veya kompozit tozların öğütülmesinde kullanılan ve halen geliştirme çalışmaları devam eden birçok öğütme teknikleri mevcuttur. Metal matrisli kompozit (MMK) malzemeler, üstün mekanik özellikleri ve aşınma dirençleri sayesinde modern mühendislik uygulamalarında giderek artan bir öneme sahiptir (Gavas, M ve ark.,) Bu malzemelerin üretiminde kullanılan en etkili yöntemlerden biri mekanik alaşımlamadır. Örneğin Güngördü tarafından yapılan bir çalışmada; yeni bir yüksek enerjili öğütme ve karıştırma sisteminin tasarlanması ve cihazın üretimi gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu çalışmada benzer nitelikte, ticari olarak temin edilebilen yüksek enerjili öğütme sistemlerinden daha kısa sürede ve yüksek verimlilikle öğütme işlemlerini gerçekleştirilebildiği belirtilmiştir (Güngördü, 2018). Diğer benzer bir çalışmada; kaotik sistem entegreli yeni nesil bilyeli öğütücünün, kaotik sistem entegre edilmemiş yeni nesil bilyeli öğütücüye ve diğer bilyeli öğütücülere göre daha verimli olduğu rapor edilmiştir (Turhan, 2018). Ancak bu çalışmada geliştirilecek ve kullanılacak olan mekanik alaşımlama (MA) sistemi hâlihazırda laboratuvarlarda kullanılan Atritör değirmenlerin çalışma prensibine benzemektedir. Atritör değirmenlerin oldukça basit bir çalışma sistemi vardır. Değirmen haznenin içine sert çelik bilyalar ile birlikte yerleştirilen tozlar, haznenin içinde karıştırıcı çubuklarla donatılmış dakikada yaklaşık 250 devire çıkabilen bir mille karıştırılarak öğütme işlemini gerçekleştirilmektedir. Bu sistem ile öğütülen malzemeye hem kesme hem de darbe kuvvetleri etki eder. Laboratuvarlarda kullanılan attritör değirmenler, geleneksel bilyalı değirmenlere kıyasla 10 kat daha hızlı çalışabilmektedir (Turhan, 2018, Suryanarayana 2018). Mekanik alaşımlama (MA), yüksek enerjili bir bilyalı değirmende toz parçacıklarının tekrarlanan soğuk kaynak, kırılma ve yeniden kaynaklanmasını içeren bir bir toz işleme yöntemi olarak tanımlanmıştır. Bu yöntemde parçacıklar iki çarpışan bilye arasında kalmaktadır. Öğütücü ortamda yoğun toz bulutu, bilyeler ve toz parçacıkları bulunmaktadır. Tozların bilyeler arasında sıkışmasında elastik ve plastik deformasyona uğraması söz konusudur. Bu aşamada metalik sistemlerde soğuk kaynama görülür. Özellikle uzun süreli mekanik alaşımla işlemleri ile mikron boyuttan nano boyutlara kadar alaşım veya kompozit tozları elde edilmektedir. Mekanik alaşımlama için gerekli olan hammaddeler bilya boyutundan daha küçük olmalıdır. Bu şekilde genellikle oksitler, karbürler ve nitrürler sert takviyeler ile genelde en az % 15 sünek metal tozları beraber genellikle kuru olarak bazen de ıslak şeklinde öğütülmektedir.

Toz parçacıklarının yaş ortamda (Alkol veya bir stearat ortamında) daha az aglomere olması da kolay öğütülme ve oksitlenmenin önlenmesi açısından yararlı bir faktördür. Yaş öğütmenin en önemli bir dezavantajı ise öğütülmüş olan tozların kontaminasyonunun artmasıdır. Bu nedenle toz öğütme işlemlerinin çoğu kuru yapılmaktadır (Suryanarayana 2018). Örneğin bu cihaz (MA) kullanılarak %0,5 Y_2O_3 içeren ve nikel bazlı bir matriste dağılmış yaklaşık 5 nm boyutunda çökeltilerden oluşan ince bir dispersiyon üreten oksit dispersiyonla güçlendirilmiş (ODS) Ni bazlı süper alaşımı geliştirilmiştir. Söz konusu çalışma kapsamında; Ni matrisinde hem çökelme sertleştirmesi hem de Y_2O_3 ilavesi ile

dispersiyon güçlendirmesi elde edilmiştir (Benjamin, J.S., 1992). Bu işlem, aşırı doymuş katı çözeltiler, nanokristalin malzemeler, metalik camlar, yüksek entropili alaşımlar ve diğerleri dahil olmak üzere farklı denge dışı faz türlerinin sentezlenmesini sağlamaktadır. MA uygulanmış malzemeler birçok uygulama alanı bulmuştur (Suryanarayana, C. 2022). Mekanik alaşımlama ayrıca birçok ticari açıdan önemli metalik sistemde terminal katı çözünürlüklerini genişletmek için başarıyla kullanılmıştır. Geleneksel işleme teknikleriyle hazırlanması zor olan birçok yüksek erime noktalı intermetalik, MA ile homojen yapı ve bileşimle kolayca sentezlenebilir. Ayrıca, yıllar içinde, denge dışı bir işleme aracı olarak hızlı katılaştırma işlemine göre üstün olduğu kanıtlanmıştır. Literatürde MA yöntemi kullanılarak yapılmış amorf ve nanokristalin malzemelerin sentezi üzerine yapılmış önemli çalışmalar vardır. Sıvı karışmayan sistemlerde katı çözünürlüğe ulaşma olasılığı, MA'yı benzersiz bir süreç haline getirmiştir. Reaktif öğütme, katı hal metalotermik indirgeme ve nanokristalin intermetalik ve intermetalik matris kompozitlerin sentezi için yeni yollar açmıştır. Çok sayıda çalışmaya rağmen, MA sürecinin anlaşılması henüz tamamlanmamış olup, bu alanda daha fazla araştırma yapılması için geniş bir alan bırakmaktadır (Murty, B. S., & Ranganathan, S. 1998).

Bu çalışmanın temel amacı, MMK tozlarının üretiminde kullanılacak yüksek verimli bir bilyeli değirmen tankının tasarımını ve imalatını gerçekleştirmek, ardından üretilen cihazı gerçek deney koşullarında test etmektir. Alışmanın özgün değeri, ithal ve yüksek maliyetli ticari cihazlara alternatif olarak, standart bir masaüstü matkap tezgahının tahrik ünitesi olarak kullanılmasına dayanmaktadır. Bu tasarım pratikliği, MMK araştırmalarında laboratuvar içi çok yönlü kullanıma uygun bir altyapı oluşturmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında gerçekleştirilen uzun süreli (12 saat) öğütme deneyi ile cihazın performansı doğrulanmış, bakır ve silisyum karbür tozlarının alaşımlanma karakteristiği incelenmiştir.

2. YÖNTEM

Çalışmanın gereksinim duyduğu yüksek maliyetli sarf malzemeleri, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne sunulan ""2026-ÖĞP-001" kodlu proje kapsamında temin edilmiştir. Deneylerde matris elemanı olarak Saf Bakır (Cu) tozu, takviye elemanı olarak ise Silisyum Karbür (SiC) partikülleri kullanılmıştır. Ayrıca alaşım ve kompozit tozlarını öğütmek amacıyla 6 mm çapında martenzitik çelik bilyalar satın alınmıştır.

Öncelikle Şekil 1a-d'de verilen teknik resimlerine uygun olarak cihazın talaşlı üretimi tamamlanmıştır. Dış hazne (Kazan), karıştırıcı iç mil ve göbek parçaları AISI 4140 çelik dolu kütük kullanılarak üniversal torna tezgahında detaylı dış çap tornalama, alın tornalama ve iç çap boşaltma işlemleri ile üretilmiştir. Öğütme işlemini gerçekleştiren pimler ise HSS (Yüksek Hız Çeliği) malzemeden imal edilmiştir. Ana mil tel erozyon makinesinde hassas şekilde kesilmiştir. Pimler sıkı geçme ile monte edilmiştir. Talaşlı imalatı tamamlanan çelik bileşenler, elektrikli fırında 800°C'de 1 saat bekletilmiş ve suda ani soğutma yapılarak sertlikleri 50-55 HRC aralığına yükseltilmiştir. MA cihazının yüksek devirlerde oluşabxilecek vibrasyonu önlemek adına L profillerden "Sabit Çene" ve dikdörtgen sac plakalara M6 diş açılarak "Vidalı Çene" mekanizmaları üretilmiş, kazan sisteme rijit bir şekilde sabitlenmiştir. Cihazın montajlı ve öğütmeye hazır görseli Şekil 2!de gösterilmiştir.



Şekil 1. Üretilen mekanik alaşımlama cihazının kazanı ve karıştırıcı kollarının görseli



Şekil 2. Cihazın montajlı ve öğütmeye hazır görseli

Üretimi ve montajı tamamlanan mekanik alaşımlama cihazının performansını test etmek ve malzeme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla uzun süreli bir öğütme deneyi planlanmıştır. Deney prosedürü aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- Üretilen cihaz, tahrik ünitesi olarak kullanılan sütunlu matkap tezgahına bağlanmış ve sabit çene ile sabitlenmiştir.
- Değirmen haznesi içerisine 6 mm çapındaki martenzitik paslanmaz çelik bilyeler, saf bakır (matris) ve SiC (takviye) tozları eklenerek cihazın hızı 350 devir/dakika (RPM) olarak ayarlanmıştır.
- Mekanik sürtünme kaynaklı aşırı ısınmayı ve cihazın zarar görmesini önlemek amacıyla, sistem 30 dakika çalıştırılmış ve ardından 20 dakika dinlendirilmiş, bu döngü (periyot) sürekli tekrarlanmıştır.
- Bu çalışma/dinlenme periyotları ile efektif öğütme süresi toplamda 12 saate tamamlanmıştır.
- Öğütme mekanizmasının zaman içerisindeki etkisini gözlemlemek amacıyla, işlemin 4. ve 12. saatinde cihaz durdurularak optik mikroskop analizi için içerisinden bir miktar kompozit tozu numunesi alınmıştır.
- Başlangıçta (Öğütme öncesi), 4 saat ve 12 saat öğütme sonunda üretilen toz numuneleri optik mikroskop altında şekilleri incelenerek boyutları mikron (µm) cinsinden ölçülmüş ve veriler Excel ortamına aktarılarak ortalama partikül boyutları analiz edilmiştir.

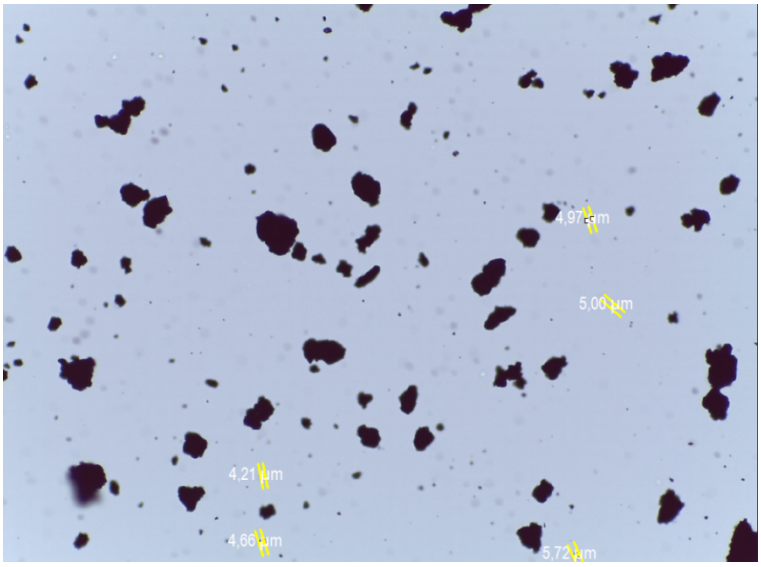
3. BULGULAR

350 dev/dk hızda ve 30 dakika çalışma / 20 dakika dinlenme döngüleriyle toplam 12 saat süren ağır deney koşulları altında, cihazın stabil ve sorunsuz bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Tasarlanan vidalı çene ve sabit çene sistemi sayesinde matkap tablasında hiçbir rezonans veya zararlı vibrasyon oluşmamış, bilye sıkışması gibi mekanik arızalar yaşanmamıştır. Deneyin 0, 4 ve 12 saat öğütme sonunda alınan numunelerden elde edilen mikroskobik boyut (en ve boy) ölçümlerinin ortalama sonuçları Tablo 1'de özetlenmiştir. Örnek olarak 12 saat öğütülmüş Cu+SiC kompozit tozlarının optik mikroskop görüntüleri Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Mekanik alaşımlama işlemi süresince toz partiküllerinin boyutsal değişimleri

Malzemeler ve öğütme süresi	Ortalama en (µm)	Ortalama boy (µm)	Genel ortalama boyut (µm)
Bakır (0 Saat)	17.42	36.67	27.04
Bakır (4 Saat)	20.41	31.02	25.72
Bakır (12 Saat)	26.32	34.83	30.58

SiC (0 Saat)	10.33	16.34	13.33
SiC (4 Saat)	7.44	9.59	8.51
SiC (12 Saat)	4.04	3.78	3.91



Şekil 3. 12 saat öğütülmüş Cu+SiC tozlarının optik görüntüsü ve boyutları

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında metal matrisli kompozit malzeme üretiminde stratejik bir öneme sahip olan mekanik alaşımlama cihazının tasarımı, talaşlı imalatı ve entegrasyonu tamamen yerli mühendislik imkanlarıyla başarıyla sonuçlandırılmıştır. Birinci ve ikinci dönemdeki üretim aşamaları tek bir çatı altında birleştirilmiş, özellikle torna tezgahındaki kritik hassas üretim safhaları bütüncül olarak tamamlanmıştır. Üretilen cihaz ile gerçekleştirilen 12 saatlik deneysel çalışma neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Talaşlı imalatı yapılan ve 50-55 HRC sertliğe ulaştırılan kazan ve mil yapısı, uzun süreli aşındırıcı ve darbeli yükler altında performans kaybı olmaksızın çalışmıştır.
2. Cihaz, sünek ve gevrek sistemlerde etkili bir mekanik deformasyon sağlayabilmektedir. SiC tozların ortalama boyutları 13.33 µm'den 3.91 µm'ye başarıyla düşürülmüştür. Diğer bir ifade ile nispeten ucuz olan iri boyutlu SiC tozlardan daha pahalı olan küçük boyutlu tozların laboratuvar ortamında rahatlıkla üretilebileceği anlaşılmıştır
3. Bakır matrisinin sonraki aşamada topaklanması (27.04 µm'den 30.58 µm'ye büyümesi), sistemin soğuk kaynaklanma kinetiğine ulaştığını göstermektedir. Bu aşamada tozların matris içerisine homojen olarak dağıldığı öngörülmektedir.
4. Gelecek çalışmalarda, bakır tozlarındaki soğuk kaynaklanmayı ve topaklanmayı kontrol altında tutmak amacıyla, MA cihazı haznesinde öğütülecek metal tozların içerisine %1-2 oranında "işlem kontrol ajanı (PCA - Process Control Agent)" örneğin stearik asit ilavesi yapılması önerilmektedir.

***Finansal Destek**: Bu çalışma, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2026-ÖĞP-001)*

KAYNAKLAR

Ateş, H., & Bahçeci, E. (2015). Nano malzemeler için üretim yöntemleri. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 3(2), 483-499.

Benjamin JS. Mechanical alloying – history and future potential. In: Capus JM, German RM, editor. Advances in powder

metallurgy and particulate materials. Princeton, NJ: Metal Powder Industries Federation; 1992. 7, p. 155–168.

Gavas, M., Yaşar, M., Aydın, M., & Altunpak, Y. (2013). Üretim yöntemleri ve imalat teknolojileri. Üçüncü baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Güngördü, H. (2018). Toz metalurjisinde yeni tip mekanik karıştırıcı tasarımı ve verimliliğin incelenmesi (Master's thesis, Sakarya Universitesi (Turkey).

Murty, B. S., & Ranganathan, S. (1998). Novel materials synthesis by mechanical alloying/milling. International Materials Reviews, 43(3), 101–141. https://doi.org/10.1179/imr.1998.43.3.101

Suryanarayana, C. (2022). Mechanical alloying: a critical review. Materials Research Letters, 10(10), 619-647. https://doi.org/10.1080/21663831.2022.2075243

Suryanarayana, Cury. "Mechanical alloying and milling." Progress in materials science 46.1-2 (2001): 1-184. https://www.dogus.edu.tr/mitlab/urunler-prototip-demo-ve-ornekler/atritor-degirmen

Turhan, M. (2018) Yüksek Enerjili Bir Öğütücüde Kaotik Sistemlerin Kullanılması Ve Verimliliğinin İncelenmesi (Master's thesis, Sakarya Universitesi (Turkey).

AI AND FEA INTEGRATION IN FUTURE SIMULATION ECOSYSTEMS: A REVIEW OF SURROGATE MODELING STRATEGIES

PhD Student, İzel EKİNCİ[1]/ Associate Professor, Daver ALİ[2]

[1]Karabuk University, Biomedical Engineering, izelbagriyanik@gmail.com, 0009-0006-9198-0324

[2]Karabuk University, Biomedical Engineering, daverali@karabuk.edu.tr, 0000-0002-8500-7820

Abstract

This study investigates the role of Artificial Intelligence (AI) in Finite Element Analysis (FEA) workflows. It comprehensively compares three distinct surrogate modeling approaches in light of recent findings in the literature: pure data-driven machine learning (Pure ML), physics-informed hybrid machine learning (HML), and geometric homogenization. Traditional FEA methods impose substantial computational bottlenecks, requiring extensive hardware resources and time, particularly in high-fidelity simulations involving non-linear hyperelastic material behavior and multiphysics theories. Pure data-driven machine learning models (such as deep artificial neural networks and decision-tree-based ensemble models) have the potential to reduce these simulation runtimes by a factor of 100 or more. However, the success of these pure models is constrained by their absolute reliance on large-scale training datasets generated by high-fidelity FEA solvers; indeed, establishing an AI database without FEA remains infeasible. To overcome the challenge of data scarcity, the Hybrid Machine Learning (HML) approach leverages low-fidelity physics-based models to achieve up to 75-fold faster convergence and high predictive accuracy in data-constrained regimes. Conversely, Geometric Homogenization (employed to reduce simulation costs for complex geometries, such as porous 3D lattice structures in implant design) treats the lattice architecture as an "equivalent" homogeneous solid continuum, reducing hardware load and simulation execution times by 100 to 400 times while maintaining deformation prediction deviations below 5%. Consequently, AI is not expected to supplant FEA fully. Instead, an integrated AI-FEA synergy is expected to be actively utilized, wherein FEA serves as a "governing intelligence and validation mechanism" providing physical fidelity, theoretical principles, and baseline data. At the same time, AI serves as an "accelerating agent," transforming these physical foundations into real-time predictions.

Keywords: Finite Element Analysis (FEA), Artificial Intelligence (AI), Surrogate Modeling, Hybrid Machine Learning (HML)

GELECEĞİN SİMÜLASYON EKOSİSTEMİNDE AI VE FEA ENTEGRASYONU: VEKİL MODEL STRATEJİLERİNİN İNCELEMESİ

Özet

Bu çalışma, yapay zekânın (AI) Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) iş akışlarındaki rolünü incelemekte ve literatürdeki güncel bulgular ışığında üç farklı vekil modelleme yaklaşımını kapsamlı bir şekilde karşılaştırmaktadır: saf veritabanlı makine öğrenmesi (Pure ML), fiziksel bilgiyle beslenen hibrit makine öğrenmesi (HML) ve geometrik homojenizasyon. Geleneksel FEA yöntemleri, özellikle doğrusal olmayan hiperelastik malzeme davranışları ve çoklu fizik teorilerini içeren yüksek doğruluklu simülasyonlarda ciddi donanım kaynakları ve zaman gerektirerek kayda değer hesaplama darboğazlarına yol açmaktadır. Saf veritabanlı makine öğrenmesi modelleri (derin yapay sinir ağları ve karar ağacı tabanlı topluluk modelleri gibi), bu simülasyon sürelerini yüz kat veya daha fazla azaltma potansiyeli sunmaktadır. Ancak bu saf modellerin başarısı, yüksek doğruluklu FEA çözücüleri ile üretilmesi gereken büyük boyutlu eğitim veri setlerine olan mutlak bağımlılıkları nedeniyle sınırlıdır; nitekim FEA olmadan AI için gerekli bir veritabanı oluşturmak mümkün değildir. Veri kıtlığı sorununu aşmak için geliştirilen Hibrit Makine Öğrenmesi (HML) yaklaşımı, düşük doğruluklu fizik tabanlı modellerden yararlanarak veri kısıtlı senaryolarda 75 kat daha hızlı yakınsama ve yüksek tahmin doğruluğu sağlamaktadır. Diğer taraftan, implant tasarımlarındaki gözenekli 3D kafes yapılar gibi karmaşık geometrilerin simülasyon maliyetlerini düşürmek amacıyla kullanılan Geometrik Homojenizasyon yöntemi, kafes yapıyı "eşdeğer" homojen bir katı ortam olarak ele alarak donanım yükünü ve simülasyon sürelerini 100 ila 400 kat azaltırken deformasyon tahmin sapmalarını %5'in altında tutmaktadır. Sonuç olarak, yapay zekânın gelecekte FEA'nın yerini tamamen alması beklenmemektedir. Aksine, FEA'nın fiziksel doğruluk, teorik ilkeler ve veri sağlayan bir "yönetici zekâ ve doğrulama mekanizması" olarak kaldığı, yapay zekânın ise bu temeli gerçek zamanlı tahminlere dönüştüren bir "hızlandırıcı unsur" olarak işlev gördüğü entegre bir AI-FEA sinerjisinin aktif şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Sonlu Elemanlar Analizi (FEA), Yapay Zeka (AI), Vekil Modelleme, Hibrit Makine Öğrenmesi (HML)

1. INTRODUCTION

Predicting the dynamic responses of mechanical systems and complex materials in engineering, biomedical sciences, and structural health monitoring constitutes one of the most critical stages of design and optimization processes (Belytschko et al., 2014; Mohd Moideen et al., 2022; Sajjadinia & Haghpanahi, 2021). Finite Element Analysis (FEA) and Finite Element Methods (FEM) have long served as the industry standard and most reliable numerical solution tools, widely utilized to understand system behaviors and model nonlinear physical processes (Belytschko et al., 2014; Chakraborty et al., 2020; G. Chen et al., 2012; Moayedi et al., 2021). However, particularly when incorporating nonlinear hyperelastic material properties, multiphysics theories, and time-dependent dynamic loadings, high-fidelity FEA simulations require excessively long computation times, advanced hardware specifications, and intensive CPU and RAM utilization (Belytschko et al., 2014; Sajjadinia et al., 2022). This renders the application of FEA highly impractical in clinical or operational emergency scenarios that require real-time simulation, as well as in contexts that demand thousands of design iterations (Hashemi et al., 2023; Sajjadinia et al., 2022).

To mitigate this computational bottleneck, Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML)-based surrogate models have recently emerged as rapid, cost-effective alternatives (Cai et al., 2021; Liang et al., 2018; Martínez-Martínez et al., 2017). Machine learning algorithms can predict the behavior of complex structures and materials at real-time or near-real-time speeds (Alkentar & Mankovits, 2025; Hashemi et al., 2023). Existing studies demonstrate that trained ML models can reduce FEA simulation times by a factor of one hundred or more, offering dramatic time savings compared to conventional methods (Alkentar & Mankovits, 2025; Hashemi et al., 2023; Sajjadinia et al., 2022). This raises the fundamental question: Can artificial intelligence completely replace Finite Element Analysis in the coming years?

The answer to this question lies within the primary limitation of data-driven artificial intelligence: its absolute dependence on training data (Hashemi et al., 2023; Sajjadinia et al., 2022). Pure artificial intelligence models cannot independently learn governing physical laws and complex material behaviors from scratch; to generate accurate predictions, they fundamentally require massive training datasets comprising millions of data entries (Hashemi et al., 2023). Generating such training data inherently requires the prior execution of high-fidelity FEA solvers (Cai et al., 2021; Hashemi et al., 2023; Liang et al., 2018; Liu et al., 2020; Martínez-Martínez et al., 2017; Sajjadinia et al., 2022). In other words, Finite Element Analysis (FEA) remains indispensable for training artificial intelligence, as establishing an AI database without FEA is unfeasible;

consequently, AI cannot function independently of FEA as its foundational data source (Alkentar & Mankovits, 2025; Hashemi et al., 2023; Sajjadinia et al., 2022).

To overcome these limitations, hybrid approaches integrating AI and FEA (Hybrid Machine Learning – HML) and physics-informed neural networks (PhyML/PINN) have gained prominence in the literature (Hashemi et al., 2023; Raissi et al., 2019; Sajjadinia et al., 2022). Hybrid models simplify nonlinear equations to construct rapid, low-fidelity physical models, after which artificial intelligence processes these outputs to achieve high-fidelity results; this methodology substantially reduces the volume of FEA data required for training while preserving predictive accuracy compared to pure machine learning models (Hashemi et al., 2023; Sajjadinia et al., 2022).

Considering these findings, artificial intelligence is not expected to supplant FEA in the future completely; rather, a hybrid ecosystem in which both approaches integrate is emerging. While FEA serves as the foundational "intelligence" providing physical accuracy, theoretical principles, and training data, artificial intelligence acts as the "velocity" component, translating this knowledge into real-time applications (Bock et al., 2019; Hashemi et al., 2023; Liang et al., 2018; Sajjadinia et al., 2022). Based on current literature, this study examines the dynamic interaction and potential future collaboration scenarios between AI and FEA.

2. METHODOLOGY

The surrogate modeling methodology proposed for predicting the dynamic behaviors of mechanical and biomedical systems is built upon three fundamental approaches: Pure Data-Driven Artificial Intelligence (Pure ML), Physics-Informed Hybrid Machine Learning (HML), and Non-Machine Learning Geometric Homogenization; this section details the theoretical foundations, governing equations, and Finite Element Analysis (FEA) integration processes of each approach.

2.1. Classical Finite Element Analysis (FEA) and Mathematical Limitations

To solve differential equations in a continuum through discretization, the classical finite element method encompasses specific mathematical procedures, which can be broadly summarized as follows (Belytschko et al., 2014):

1. Discretization of the geometric domain in Euclidean space into distinct elements.
2. Approximation of the unknown solution parameters within each element using local interpolation functions.
3. Formulation of local stiffness matrices establishing a linear relationship between unknown nodal values and known forces, utilizing mathematical techniques such as the Galerkin method.
4. Assembly of local stiffness matrices to construct the global stiffness matrix and formulate the global system of linear equations.
5. Application of numerical methods to solve the resulting linear or nonlinear systems of equations (Belytschko et al., 2014; Sajjadinia et al., 2022).

In multiphysics processes and nonlinear hyperelastic material behaviors, this classical approach necessitates the reformulation and updating of global matrices at every iteration, creating an insurmountable computational bottleneck, particularly for optimization projects requiring thousands of design cycles or real-time clinical applications (Sajjadinia et al., 2022; Taylor et al., 2008).

2.2. Pure Data-Driven Machine Learning (Pure ML) Surrogate Models

In purely data-driven approaches, the primary objective is to train a supervised machine learning (ML) model to learn input-output relationships directly (Sajjadinia et al., 2022). Within this framework, external loading parameters and time steps are provided as inputs to the system. At the same time, strain or displacement values obtained from FEA simulations serve as the target ground-truth labels (Hashemi et al., 2023).

The supervised learning process relies on minimizing a loss function that represents the discrepancy between ground-truth values and model predictions (Khalaj et al., 2021; Sun & Ge, 2021). In this comparative analysis, four distinct regression architectures are evaluated for their performance.

2.2.1. Deep Neural Networks (DNN)

Sequential layers enable neural networks to capture complex nonlinear relationships. The output of a layer is calculated by applying an activation function to the weighted sum of its inputs (Hashemi et al., 2023). During training, the Adam (Adaptive Moment Estimation) optimization algorithm was used to update the weight matrices via backpropagation (Kingma & Ba, 2017). For modeling nonlinear behavior, the Rectified Linear Unit (ReLU) activation function was preferred because it mitigates the vanishing gradient problem and remains robust across diverse data distributions (Hashemi et al., 2023).

2.2.2. Decision Tree-Based Ensemble Models

To enhance the stability of single decision trees and reduce their propensity for overfitting, three distinct ensemble models were employed:

1. XGBoost: An optimized implementation of the gradient boosting algorithm. It prevents overfitting and improves generalization by incorporating regularization terms into the loss function (T. Chen & Guestrin, 2016; Ghafarian et al., 2022).
2. Random Forest (RF): A bagging ensemble technique that creates subsamples from the dataset and averages the predictions of multiple independent decision trees (Schonlau & Zou, 2020; Su et al., 2021).
3. AdaBoost: An adaptive boosting methodology that converts weak learners into a robust ensemble model by sequentially assigning higher weights to instances misclassified or mispredicted by preceding iterations (P.-B. Zhang & Yang, 2018; Z. Zhang et al., 2004).

The primary bottleneck of pure machine learning models is their exponential data demand: as system complexity or dimensionality scales, they require massive datasets with millions of entries. Generating these ground-truth datasets entirely through high-fidelity FEA simulations introduces an exceptionally high computational cost in its own right (Hashemi et al., 2023).

2.3. Hybrid Machine Learning (HML) and Multi-Fidelity Approaches

The Hybrid Machine Learning (HML) framework uses a simplified version of the governing physical equations (Low-Fidelity/LF) as input data to overcome the data starvation inherent in purely data-driven models. Within this architecture, a rapid physics-based solver is placed upstream of the ML component to generate preliminary, coarse approximations. Consequently, the artificial intelligence model is not required to learn fundamental physical principles from scratch; instead, it focuses solely on learning the residual or discrepancy between the LF output and the high-fidelity (HF) ground-truth results (Sajjadinia et al., 2022).

Because the LF model circumvents the time-dependent incremental integration of the fluid phase, it uses significantly fewer parameters, enabling exceptionally fast computation. Subsequently, a machine learning architecture, such as a Graph Neural Network (GNN) or a Feedforward Neural Network (FFNN), ingests these generated outputs. By transforming coarse physical data into enriched feature representations, this methodology operates on the principles of transfer learning, yielding superior convergence rates and predictive accuracy even with extremely small training data (Dai et al., 2007; Pan et al., 2011; Zhuang et al., 2021).

2.4. Homogenization-Based Physical Surrogate Modeling

Data acquisition costs for artificial intelligence-based models can become excessively high when modeling structural components with complex internal geometries, such as porous 3D lattice implants that facilitate osseointegration and approximate natural bone stiffness (Abedini & Ali, 2026; Čapek & Vojtěch, 2014; Yan et al., 2015). Under such conditions, Geometric Homogenization presents an effective alternative approach for physics-based surrogate modeling (Fongsamootr et al., 2022; Kamranfard et al., 2023; Müller et al., 2024).

In this method, rather than discretizing the intricate pore geometry of the lattice structure into individual finite element meshes, the lattice architecture is modeled as a continuum solid (bulk) possessing "equivalent" (homogenized) material properties derived from experimental and numerical characterization (Ali, 2021; Alkentar & Mankovits, 2025; Ekinci et al., 2026).

Virtual finite element analysis is conducted using homogenized solid models with assigned direct parametric properties, rather than explicitly modeling complex lattice geometries; these representations are also referred to as representative

volume elements (RVEs) or equivalent continuum models. While keeping deformation prediction errors within engineering tolerances (demonstrating less than a %5 deviation (typically between %1 and %4) compared to explicit lattice models), this methodology reduces simulation solving times and operating system memory (RAM) requirements by over a factor of 100 (Alkentar & Mankovits, 2025).

3. RESULT

The performance of the three evaluated surrogate modeling approaches was assessed in terms of numerical accuracy, computational speed, and data requirements.

3.1. Performance of Pure Data-Driven (Pure ML) Models

Decision tree-based ensemble models and deep neural network (DNN) architectures were evaluated for predicting the time-dependent displacement and strain responses of dynamic lattice structures. Ensemble models, such as XGBoost and Random Forest, demonstrated superior predictive accuracy and stability in forecasting dynamic responses relative to deep neural networks. Achieving the lowest error rates, the XGBoost model accounted for a significant proportion of the system's inherent variance.

Nevertheless, data dependence is the primary bottleneck for pure machine learning models. To generalize complex dynamic behaviors, these models require large-scale FEA datasets, which directly maintains a reliance on FEA solvers during the data generation phase.

3.2. Performance of Hybrid Machine Learning (HML) and Multi-Fidelity Approaches

The multi-fidelity HML framework, evaluated in soft tissue biomechanics, significantly alleviates the severe data dependence characteristic of pure ML models. Compared to pure machine learning approaches, the HML model achieved superior accuracy and stability (even with an exceptionally small training dataset) by transferring prior knowledge from low-fidelity (LF) physics-based models into the artificial intelligence layer.

3.3. Geometric Homogenization-Based Physical Surrogate Modeling

For modeling complex 3D lattice structures used in implant designs, the geometric homogenization method offers a powerful alternative to the computational and time costs of artificial intelligence training processes. Modeling the complex lattice geometry as a homogeneous solid with experimentally validated equivalent material properties significantly reduces simulation runtimes and hardware requirements.

3.4. Assessment of the AI-FEA Relationship

All findings indicate that, contrary to expectations that artificial intelligence will entirely replace Finite Element Analysis, the two approaches form an integrated synergy:

- FEA serves as an indispensable "validation engine" in preserving physical fidelity, defining material theories, and generating the baseline ground-truth data required for AI training.
- Artificial Intelligence (AI) acts as an "accelerator" by inheriting these physical foundations to yield predictions within milliseconds during optimization processes and real-time clinical scenarios.

Consequently, the relationship between AI and FEA is not one of substitution, but rather a complementary synergy that bridges physical fidelity with computational speed.

4. CONCLUSION

This study investigated the role of artificial intelligence (AI) in Finite Element Analysis (FEA) workflows. It evaluated whether AI could ultimately replace FEA by examining three distinct surrogate modeling approaches: pure data-driven machine learning, hybrid machine learning (HML), and geometric homogenization. The key findings of the study are summarized below:

- **Pure data-driven machine learning models**, while demonstrating strong performance in dynamic structural predictions, rely on extensive FEA datasets during their training processes. Consequently, pure models remain dependent on FEA solvers.

- **Hybrid Machine Learning (HML)** incorporates low-fidelity (LF) physics-based models, achieving up to 75-fold faster convergence and high predictive accuracy under data-constrained regimes compared to pure data-driven models.
- **Geometric homogenization surrogate models** reduce hardware loads and simulation runtimes for complex geometries by 100- to 400-fold, while maintaining engineering accuracy with displacement prediction deviations consistently under 5%.

Experimental validation of the developed surrogate models through empirical testing, alongside virtual sensor placement analysis for optimizing dynamic structures, will be part of future work.

In general, it is anticipated that artificial intelligence will not entirely "replace" FEA, but rather become its most effective complement and accelerator. FEA will continue to serve as the "governing intelligence and validation mechanism" that supplies physical accuracy, material theories, and baseline training data under complex boundary conditions. In contrast, artificial intelligence will function as the "velocity engine," converting these physical foundations into real-time predictive applications. The fundamental benchmark for future intelligent engineering simulations will be established by the synergistic integration of these two paradigms.

ACKNOWLEDGMENTS

This research received funding from the Karabük University Scientific Research Projects (BAP) Coordination Office under the project number KBÜBAP-24-YL-119.

REFERENCES

Abedini, E., & Ali, D. (2026). Static Biodegradation of 3D-Printed PLA Scaffolds for Bone with Different Architectures and Nanomaterial Additives. *BioNanoScience*, *16*(9), 564. https://doi.org/10.1007/s12668-026-02780-6

Ali, D. (2021). Mimicking Bone Anisotropic Structure with Modified Gyroid Scaffolds; A Finite Element Analysis. *Politeknik Dergisi*, *24*(4), 1637–1646. https://doi.org/10.2339/politeknik.941106

Alkentar, R., & Mankovits, T. (2025). Development of Surrogate Model for Patient-Specific Lattice-Structured Hip Implant Design via Finite Element Analysis. *Applied Sciences*, *15*(7), 3522. https://doi.org/10.3390/app15073522

Belytschko, T., Liu, W. K., Moran, B., & Elkhodary, K. (2014). *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures*. John Wiley & Sons.

Bock, F. E., Aydin, R. C., Cyron, C. J., Huber, N., Kalidindi, S. R., & Klusemann, B. (2019). A Review of the Application of Machine Learning and Data Mining Approaches in Continuum Materials Mechanics. *Frontiers in Materials*, *6*. https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00110

Cai, L., Ren, L., Wang, Y., Xie, W., Zhu, G., & Gao, H. (2021). Surrogate models based on machine learning methods for parameter estimation of left ventricular myocardium. *Royal Society Open Science*, *8*(1), 201121. https://doi.org/10.1098/rsos.201121

Čapek, J., & Vojtěch, D. (2014). Effect of sintering conditions on the microstructural and mechanical characteristics of porous magnesium materials prepared by powder metallurgy. *Materials Science and Engineering: C*, *35*, 21–28. https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.10.014

Chakraborty, A., Datta, P., Majumder, S., Mondal, S. C., & Roychowdhury, A. (2020). Finite element and experimental analysis to select patient's bone condition specific porous dental implant, fabricated using additive manufacturing. *Computers in Biology and Medicine*, *124*, 103839. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103839

Chen, G., Fan, W., Mishra, S., El-Atem, A., Schuetz, M. A., & Xiao, Y. (2012). Tooth fracture risk analysis based on a new finite element dental structure models using micro-CT data. *Computers in Biology and Medicine*, *42*(10), 957–963. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2012.07.006

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, KDD '16*, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Dai, W., Xue, G.-R., Yang, Q., & Yu, Y. (2007). Co-clustering based classification for out-of-domain documents. *Proceedings of the 13th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '07*, 210–219. https://doi.org/10.1145/1281192.1281218

Ekinci, İ., Karaca, M. M., & Ali, D. (2026). Mechanical performance of Schwarz and lattice diamond regular architecture versus stochastic Voronoi structure for bone scaffolds: Design, Manufacturing, and FEM analysis. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *142*(3), 1735–1747. https://doi.org/10.1007/s00170-025-17190-3

Fongsamootr, T., Suttakul, P., Tippayawong, N., Nanakorn, P., & Cappellini, C. (2022). Bending behavior of 2D periodic plates with different unit cells: Numerical and experimental investigations. *Materials Today Communications*, *31*, 103774. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103774

Ghafarian, F., Wieland, R., Lüttschwager, D., & Nendel, C. (2022). Application of extreme gradient boosting and Shapley Additive explanations to predict temperature regimes inside forests from standard open-field meteorological data. *Environmental Modelling & Software*, *156*, 105466. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105466

Hashemi, A., Jang, J., & Beheshti, J. (2023). A Machine Learning-Based Surrogate Finite Element Model for Estimating Dynamic Response of Mechanical Systems. *IEEE Access*, *11*, 54509–54525. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3282453

Kamranfard, M. R., Darijani, H., Rokhgireh, H., & Khademzadeh, S. (2023). Analysis and optimization of strut-based lattice structures by simplified finite element method. *Acta Mechanica*, *234*(4), 1381–1408. https://doi.org/10.1007/s00707-022-03443-9

Khalaj, O., Jamshidi, M. B., Saebnoori, E., Mašek, B., Štadler, C., & Svoboda, J. (2021). Hybrid Machine Learning Techniques and Computational Mechanics: Estimating the Dynamic Behavior of Oxide Precipitation Hardened Steel. *IEEE Access*, *9*, 156930–156946. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3129454

Kingma, D. P., & Ba, J. (2017). *Adam: A Method for Stochastic Optimization* (arXiv:1412.6980). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6980

Liang, L., Liu, M., Martin, C., & Sun, W. (2018). A deep learning approach to estimate stress distribution: A fast and accurate surrogate of finite-element analysis. *Journal of The Royal Society Interface*, *15*(138), 20170844. https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0844

Liu, X., Athanasiou, C. E., Padture, N. P., Sheldon, B. W., & Gao, H. (2020). A machine learning approach to fracture mechanics problems. *Acta Materialia*, *190*, 105–112. https://doi.org/10.1016/j.actamat.2020.03.016

Martínez-Martínez, F., Rupérez-Moreno, M. J., Martínez-Sober, M., Solves-Llorens, J. A., Lorente, D., Serrano-López, A. J., Martínez-Sanchis, S., Monserrat, C., & Martín-Guerrero, J. D. (2017). A finite element-based machine learning approach for modeling the mechanical behavior of the breast tissues under compression in real-time. *Computers in Biology and Medicine*, *90*, 116–124. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2017.09.019

Moayedi, M., Arshi, A. R., Salehi, M., Akrami, M., & Naemi, R. (2021). Associations between changes in loading pattern, deformity, and internal stresses at the foot with hammer toe during walking; a finite element approach. *Computers in Biology and Medicine*, *135*, 104598. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104598

Mohd Moideen, I. S., Lim, C. T., Yeow, R. C. H., & Chong, D. Y. R. (2022). Polka dot cementless talar component in enhancing total ankle replacement fixation: A parametric study using the finite element analysis approach. *Computers in Biology and Medicine*, *141*, 105142. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.105142

Müller, P., Synek, A., Stauß, T., Steinnagel, C., Ehlers, T., Gembarski, P. C., Pahr, D., & Lachmayer, R. (2024). Development of a density-based topology optimization of homogenized lattice structures for individualized hip endoprostheses and validation using micro-FE. *Scientific Reports*, *14*(1), 5719. https://doi.org/10.1038/s41598-024-56327-4

Pan, S. J., Tsang, I. W., Kwok, J. T., & Yang, Q. (2011). Domain Adaptation via Transfer Component Analysis. *IEEE Transactions on Neural Networks*, *22*(2), 199–210. https://doi.org/10.1109/TNN.2010.2091281

Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E. (2019). Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics*, *378*, 686–707. https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.10.045

Sajjadinia, S. S., Carpentieri, B., Shriram, D., & Holzapfel, G. A. (2022). Multi-fidelity surrogate modeling through hybrid machine learning for biomechanical and finite element analysis of soft tissues. *Computers in Biology and Medicine*, *148*, 105699. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105699

Sajjadinia, S. S., & Haghpanahi, M. (2021). A parametric study on the mechanical role of fibrillar rotations in an articular cartilage finite element model. *Scientia Iranica*, *28*(2), 830–836. https://doi.org/10.24200/sci.2020.51785.2362

Schonlau, M., & Zou, R. Y. (2020). The random forest algorithm for statistical learning. *The Stata Journal*, *20*(1), 3–29. https://doi.org/10.1177/1536867X20909688

Su, Y., Weng, K., Lin, C., & Zheng, Z. (2021). An Improved Random Forest Model for the Prediction of Dam Displacement. *IEEE Access*, *9*, 9142–9153. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049578

Sun, Q., & Ge, Z. (2021). A Survey on Deep Learning for Data-Driven Soft Sensors. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *17*(9), 5853–5866. https://doi.org/10.1109/TII.2021.3053128

Taylor, Z. A., Cheng, M., & Ourselin, Sé. (2008). High-Speed Nonlinear Finite Element Analysis for Surgical Simulation Using Graphics Processing Units. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *27*(5), 650–663. https://doi.org/10.1109/TMI.2007.913112

Yan, C., Hao, L., Hussein, A., & Young, P. (2015). Ti–6Al–4V triply periodic minimal surface structures for bone implants fabricated via selective laser melting. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *51*, 61–73. https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.06.024

Zhang, P.-B., & Yang, Z.-X. (2018). A Novel AdaBoost Framework With Robust Threshold and Structural Optimization. *IEEE Transactions on Cybernetics*, *48*(1), 64–76. https://doi.org/10.1109/TCYB.2016.2623900

Zhang, Z., Kwok, J. T., & Yeung, D.-Y. (2004). Surrogate maximization/minimization algorithms for AdaBoost and the logistic regression model. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, ICML '04*, 117. https://doi.org/10.1145/1015330.1015342

Zhuang, F., Qi, Z., Duan, K., Xi, D., Zhu, Y., Zhu, H., Xiong, H., & He, Q. (2021). A Comprehensive Survey on Transfer Learning. *Proceedings of the IEEE*, *109*(1), 43–76. https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.3004555

ZEMİNLERİN SIKIŞTIRILMASININ ZEMİNLER ÜZERİNE ETKİSİ

ONUR DEMİROĞLU

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi , Jeoloji Mühendisliği , Uygulamalı Jeoloji Elazığ Türkiye
demiroglu2323@gmail.com (ORCID: 0000-0001-9082-2291)

ÖZET

Arazide, kontrollü ve iyi bir dolgu yapılabilmesi için arazinin sıkıştırılması gerekir. Bu bağlamda, mekanik kompaksiyon (sıkıştırma), dolgunun yüzeysel zemin iyileştirme yöntemlerinden en sıklıkla kullanılan yöntemdir. Kompaksiyon parametreleri olan maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su muhtevası, laboratuvar şartlarında proktor deneyleri ile belirlenir. Bu çalışmada, kaba taneli zeminler üzerinde yapılan standart ve modifiye proktor deneyleri ile bulunan kompaksiyon parametrelerini kullanarak, maksimum kuru birim hacim ağırlığının ve optimum su muhtevasının tahmin edilebilmesi için, zeminin hangi indeks özellikleri ile ilişkilendirilebileceği incelenmiştir. https://www.acariscongress.com/ Zeminler, genellikle mühendislik uygulamalarında arzu edilen kullanım amacındaki kalitede değildir. Bunun için uygun çözümlerden biri, yapı temelini zemin şartlarına göre boyutlandırmaktır. Başka bir seçenek ise, zeminin stabilize edilmesi ve mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesidir. Bu seçenek diğer şartlara bağlı olarak daha ekonomik olabilir. Stabilizasyon genellikle mekanik veya kimyasal olarak yapılır. Ancak bazı durumlarda termal veya elektriksel stabilizasyon da kullanılmaktadır. Kompaksiyon, mekanik enerji uygulayarak zeminin yoğunluğunun arttırılması esasına dayalı bir stabilizasyon yöntemidir. Bu işlemler sonrasında zemin daha kararlı bir hale gelir, geçirimliliği azalır, uygulanan dış yükler altında yeterli dayanıma sahip olur, yapacağı oturmalar azaltılır ve bu özelliklerini çok uzun yıllar koruyabilir Kaba taneli zeminlerin etkili bir şekilde sıkıştırılması vibrasyon ile sağlanır. Gerek elle çalışan titreşimli plaklar gerekse çeşitli boydaki titreşimli motorize silindirler kum çakıl zeminleri sıkıştırmada oldukça etkilidir. Gevşek granüle dolguların dinamik olarak sıkıştırılmasında serbest düşen ağırlıklardan yararlanılır. İnce taneli zeminler laboratuarda ağırlık düşürülerek sıkıştırılırlar. Kompaksiyon deneyi sonucunda, zeminin kuru birim hacim ağırlığı (γk) ve su muhtevası (w) arasında bir ilişki elde edilir. Bunun için, zeminin hangi su muhtevası ile sıkıştırılması halinde, maksimum kuru birim hacim ağırlığının (kmaxsγ) elde edileceğinin bilinmesi çok önemlidir. Kuru halde bulunan zemine bir miktar su ilave edildiğinde su taneleri bu suyu emerler. Daha fazla su ilavesi durumunda zemin taneleri birbirlerine göre kolaylıkla bağıl hareket yapabilirler. Bir miktar daha su ilavesi halinde zemin içerisinde bulunan boşluklar su ile dolmaya başlar ve zeminin yoğunluğu artar.

Anahtar Kelimeler: Kompaksiyon deneyi, Standart proktor deneyi, Arazi sıkışma kontrolü, Kum konisi deneyi

THE EFFECT OF SOİL COMPACTİON ON SOİLS

ABSTRACT

In order to create a controlled and effective fill in the field, the soil needs to be compacted. In this context, mechanical compaction is the most frequently used method among surface soil improvement methods for fills. Compaction parameters, namely maximum dry bulk density and optimum water content, are determined by Proctor tests under laboratory conditions. In this study, using the compaction parameters obtained from standard and modified Proctor tests performed on coarse-grained soils, the correlation between the maximum dry bulk density and optimum water content of the soil and the index properties of the soil was investigated. Soils are often not of the desired quality for their intended use in engineering applications. One suitable solution is to size the building foundation according to the soil conditions. Another option is to stabilize the soil and improve its engineering properties. This option may be more economical depending on other conditions. Stabilization is usually done mechanically or chemically. However, in some cases, thermal or electrical stabilization is also used. Compaction is a stabilization method based on increasing the density of the soil by applying mechanical energy. After these processes, the soil becomes more stable, its permeability decreases, it has sufficient resistance under applied external loads, its settlements are reduced, and it can maintain these properties for many years. Effective compaction of coarse-grained soils is achieved through vibration. Both hand- operated vibrating plates and various sizes of motorized vibrating rollers are quite effective in compacting sandy gravel soils. Free-falling weights are used in the dynamic compaction of loose granular fills. Fine-grained soils are compacted in the laboratory by dropping weights. As a result of the compaction test, a relationship is obtained between the dry unit weight and the water content (w) of the soil. For this, it is very important to know at what water content the soil should be compacted to obtain the maximum dry unit weight . When a certain amount of water is added to the dry soil, the water particles absorb this water. With the addition of more water, the soil particles can easily move relative to each other. With the addition of even more water, the voids in the soil begin to fill with water, and the density of the soil increases.

Keywords: Compaction test, Standard Proctor test, Ground compaction control, Sand cone test

NİZAMİ GƏNCƏVİNİN “SİRLƏR XƏZİNƏSİ” POEMASININ V MƏQALƏTİ: BƏŞƏRİN DÜŞKÜNLÜYÜ VƏ KEŞMƏKEŞLİ HƏYATI. “GƏNCLİK- NURLU SƏHƏRDİR, QOCALIQ-QƏRİB AXŞAM”

Ulduz Fərhad Qəhrəmanova, filologiya üzrə fəlsəfə doktoru,

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, “Ədəbiyyat” kafedrasında dosent ulduzkahraman1@gmail.com

Orcid İD: 0009-0003-4418-9319

Abstrakt:

Şair Nizami Gəncəvinin “Sirlər xəzinəsi” poemasının V məqaləti belə adlanır. “ Bəşərin düşkünlüyü və keşməkeşli həyatı”. Şair məqalətin giriş hissəsinə gənclik və qocalığı müqayisə edərək qədəm qoyur. Qocalanda insan ömrü gənclikdən, gözəllikdən binəsib olur. O gözəl cavanlıq qəflətdə keçməməlidir. Cavan vaxtı başa vurduğun ömrü qocalanda başına döyə-döyə, vura-vura qalacaqsan. Çünki artıq gec olur, ömrü hədər vurmusan. Yusif kimi gözəl üzlü cavanlar dünyada yoxa çıxıbdır. İnsanoğlu cavanlığın qədrini qocalanda bilir, çünki itən ömrünə göz yaşını çiləyir. İnsanoğlunu qocalanda həyat sındırır. Cavanlıq isə od-alovluqdur. Gənclik gözəlliyin tacıdır. Cavanlıq çox şirindir. Qocalıq isə çox acıdır. Şair müqayisə əsasında deyir ki, cavanlıq gündüz kimi ağappaqdır, qocalıq gecə kimi qapqaradır. Cavanlıqda əlvan qumaşa girərsən, qocalanda palaza bükülərsən. İnsanoğlu çalışmaqdan usanmamalıdır, əlini işə, zəhmətə alışdırmalıdır. Namuslu insan öz halal zəhməti ilə dolanandır. Hər yetənə namuslu insan alçalmaz.

Açar sözlər: Nizami Gəncəvi, “Sirlər xəzinəsi” poeması, qocalıq, cavanlıq, müqayisə

ARTİCLE V OF NİZAMİ GANJAVİ'S POEM "TREASURE OF SECRETS": THE DESPAİR AND THE TURBULENT LİFE OF MAN. "YOUTH İS A BRİGHT MORNİNG, OLD AGE İS A STRANGE EVENİNG"

Ulduz Farhad Kahramanova, Doctor of Philosophy in Philology,

Azerbaijan State Pedagogical University, Associate Professor at the Department of "Literature"

Orchid ID: 0009-0003-4418-9319

Abstract:

The fifth article of the poem "Treasure of Secrets" by the poet Nizami Ganjavi is called this. "The despair and the turbulent life of man". The poet enters the introductory part of the article by comparing youth and old age. When a person gets old, his life is made up of youth and beauty. That beautiful youth should not be passed in heedlessness. The life you spent in youth will be beaten and beaten in old age. Because it is already too late, you have wasted your life. Young men with beautiful faces like Joseph have disappeared from the world. Human beings appreciate youth when they grow old, because they shed tears for their lost life. Life breaks human beings when they grow old. And youth is fire and flame. Youth is the crown of beauty. Youth is very sweet. And old age is very bitter. The poet says on the basis of comparison that youth is as white as day, old age is as black as night. In youth, you wear colorful cloth, but in old age, you become a palazzo. Human beings should not get tired of working, they should accustom their hands to work and hard work. An honest person earns a living through his own lawful labor. An honest person does not despise anyone who can do anything.

Keywords: Nizami Ganjavi, poem "The Treasury of Secrets", old age, youth, comparison

Şair Nizami Gəncəvinin "Sirlər xəzinəsi" poemasının V məqaləti belə adlanır. " Bəşərin düşkünlüyü və keşməkeşli həyatı". Şair məqalətin giriş hissəsinə gənclik və qocalığı müqayisə edərək qədəm qoyur. Gənclik və qocalığı müqayisə edərək maraqlı təzad yaradan şair Nizami deyir:

"Gənclik- nurlu səhərdir, qocalıq-qərib axşam,

Biri parlaq günəşdir, biri öləziyən şam.

...Dünyanın sevdasını gəzdirmə başında sən,

Cavanlıqdan əl götür ixtiyar yaşında sən". (5, s.77)

Şair nəsihət edərək deyir ki, insanoğlu sən gənclik vaxtında səhərlər şirin-şirin yatmağa uymusan. Qocalıq vaxtında isə ömrünün al günəşi batmağa doğru gedir. Qocalanda gözəllərin eşqindən, sevdalı aşiqlikdən aralı, uzaq qalmaq lazımdır. Artıq əlin qabar-qabardır, ayağın süst düşübdür. Qocalanda dünya gözəlləşdikcə sən yenə də narahat olacaqsan, narahatlığın bitməyəcəkdir. Aylı çeşməyə bənzər o hüsnün qocalanda donacaqdır. Lalətək yanağın qocalanda saralacaqdır. Gənclər heç zaman qocalmağı yada salmazlar. Şair deyir:

"Unutma, səndən əzəl çoxdu dünyada gənclər,

Qocalmağı salmazdı heç zaman yada gənclər.

...O gülləri soldurdu, xəzanın hər afəti,

Qocalığa bənd imiş gəncliyin təravəti.

Cavanlığın eybini izləmək də eyibdir.

Qocalığın eybini gizləmək də eyibdir". (5, s.77)

Nə qədər günün-güzəranın Cəmşidtək səadətlə keçir-keçsin, ağ saçlarını görəndə qanın qaralacaqdır. Qocalıqdakı ağ saç, ağ tel əcəlin müjdəsidir. Belimiz ölümə baş əymək üçün bükülübdür:

"Əcəlin müjdəsidir ağ saçımız, telimiz,

Ölümə baş əyməkdən bükülübdür belimiz" . (5, s.77)

Qocalanda insan ömrü gənclikdən, gözəllikdən binəsib olur. O gözəl cavanlıq qəflətdə keçməməlidir. Cavan vaxtı başa vurduğun ömrü qocalanda başına döyə-döyə, vura-vura qalacaqsan. Çünki artıq gec olur, ömrü hədər vurmusan. Yusif

kimi gözəl üzlü cavanlar dünyada yoxa çıxıbdır. İnsanoğlu cavanlığın qədrini qocalanda bilir, çünki itən ömrünə göz yaşını çiləyir. Şair deyir:

"Cavanlığın qədrini bilərsən qocalanda,

İtən ömrə göz yaşı çilərsən qocalanda" (5, s.77)

İnsanoğlunu qocalanda həyat sındırır. Cavanlıq isə od-alovluqdur. Gənclik gözəlliyin tacıdır. Cavanlıq çox şirindir. Qocalıq isə çox acıdır:

"Cavanlıq od-alovdur, gözəlliyin tacıdır,

Cavanlıq çox şirindir, qocalıq çox acıdır". (5, s.77)

Sonra şair insanoğluna xitabən deyir ki, gəncliyini başa vuran insan, qəflətdən ayıl, gör ki, şam kimi ərimisən, gücün tükənibdir. Qocalanda görürsən ki, müşk ətirli (müşk xoş qoxulu qırmızı-qonur maddədir, maralın vəzlərindən alınır.) saçına indi qar yağıb.

"Gəncliyi vurdun başa, qəflətdən oyan indi.

...Şam kimi ərimisən, gücün yox, aha, sənin,

Müşk ətirli saçına qar yağıb daha sənin

...Qana qəltan etsə də səni zəhmət tikanı,

Çalışmaqdan usanma, işə alışdır canı.

Öz halal zəhmətinlə namuslu insan sayıl,

Hər yetənə alçalma, əl açıb olma sail" (5, s. 78-79)

Göründüyü kimi şair müqayisə əsasında deyir ki, cavanlıq gündüz kimi ağappaqdır, qocalıq gecə kimi qapqaradır. Cavanlıqda əlvan qumaşa girərsən, qocalanda palaza bükülərsən. İnsanoğlu çalışmaqdan usanmamalıdır, əlini işə, zəhmətə alışdırmalıdır. Namuslu insan öz halal zəhməti ilə dolanandır. Hər yetənə namuslu insan alçalmaz.

Ədəbiyyat:

1. Azərbaycan ədəbiyyatı tarixi. 1 c. Bakı, Elm, 1960.
2. Azərbaycan ədəbiyyatı tarixi. VI cilddə, 2 c., Bakı, Elm, 2007
3. Ə.Səfərli, X.Yusifov. Qədim və orta əsrlər Azərbaycan ədəbiyyatı. Bakı, Maarif, 1982, 1998
4. Əlibəyzadə E. Azərbaycan ədəbiyyatı tarixi. Ən qədim dövrlər. Bakı, Qarabağ, 2009
5. Nizami Gəncəvi, "Sirlər xəzinəsi", Çaşıoğlu, 2004, 167 s.

MÜƏLLİMİN NİTQ MƏDƏNİYYƏTİNİN TƏDRİSƏ TƏSİRİ

Baş müəllim Arzu Kərimova
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,

Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrası
E-poçt: arzukarimova15@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2662-6015

ÖZET

ÖĞRETMENİN KONUŞMA KÜLTÜRÜNÜN EĞİTİME ETKİSİ

Arzu Karimova

Sunulan makalede, öğretmenin konuşma kültürünün eğitim sürecinin verimliliğine, öğrencilerin akademik başarılarına ve psikolojik durumlarına etkisi kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Eğitim sürecinde öğretmenin konuşması yalnızca bir bilgi aktarımı aracı değil, aynı zamanda öğrenenlerin kişiliğinin oluşumuna, bilgiyi kavrama düzeylerine ve eğitim kurumundaki genel duygusal ortama doğrudan etki eden en önemli pedagojik araçtır. Özette ve makalenin genel içeriğinde, konuşma kültürünün temel bileşenleri olan doğruluk, açıklık, akıcılık, mantıklılık ve duygusallık gibi kriterler araştırılmaktadır. Özellikle modern dönemde – dijitalleşme ve teknolojilerin eğitime kitlesel olarak entegre edildiği bir dönemde canlı, etik ve dilbilgisi açısından kusursuz öğretmen konuşmasının önemi daha da vurgulanmaktadır. Araştırma sırasında, öğretmenin sözcük dağarcığının zenginliğinin, tonlama ve ses tonunun öğrencilerin dersi dinleme ve anlama yeteneği üzerinde nasıl dönüştürücü bir etki yarattığı analiz edilmiştir. Bununla birlikte, makalede standart dışı konuşmanın, yani lehçelerin, jargonların ve asalak (gereksiz) kelimelerin kullanımının eğitim sürecine verdiği zarar, öğrencilerin dikkat dağınıklığına ve motivasyon düşüklüğüne neden olan faktörler değerlendirilmiştir. Araştırmanın metodolojisi temel olarak mevcut pedagojik, psikolojik ve dilbilimsel literatürün analizine dayanmaktadır. Pedagojik iletişim sürecinde öğretmenin konuşma kültürünün zayıf olmasının sadece akademik değil, aynı zamanda pedagojik sorunlar da yarattığı, öğrencilerde özgüven azalmasına ve derse karşı ilginin kaybolmasına yol açtığı vurgulanmaktadır. Öğretmenin sözleri aracılığıyla karmaşık bilimsel kavramların basitleştirilerek öğrenene aktarılması süreci, bilişsel gelişimin temeli olarak nitelendirilmektedir. Sonuç olarak, bu makale pedagojik faaliyetlerde bulunan uzmanların konuşma alışkanlıklarının geliştirilmesinin önemini kanıtlamakta ve yüksek konuşma kültürünün profesyonel öğretmen yeterliliğinin ayrılmaz ve belki de en belirleyici unsuru olduğunu göstermektedir. Eğitimin kalitesinin artırılması doğrudan öğretmenin kendi konuşması üzerinde sürekli olarak çalışmasına bağlıdır.

Anahtar kelimeler: konuşma kültürü, pedagojik iletişim, eğitimin kalitesi, öğretmen-öğrenci ilişkileri, akademik başarı.

THE IMPACT OF A TEACHER'S SPEECH CULTURE ON TEACHING

Arzu Karimova

ABSTRACT

The presented article comprehensively investigates the impact of a teacher's speech culture on the effectiveness of the teaching process, as well as on the academic achievements and psychological state of students. In the educational process, a teacher's speech is not merely a means of transmitting information; it is the most crucial pedagogical tool that directly affects the formation of learners' personalities, their level of knowledge comprehension, and the overall emotional environment within the educational institution. The abstract and the overall content of the article explore criteria such as correctness, clarity, fluency, logicality, and emotionality, which are the main components of speech culture. Particularly in the modern era—a time when digitalization and technologies are massively integrated into education—the importance of vibrant, ethical, and grammatically flawless teacher speech is further emphasized. During the research, it was analyzed how the richness of a teacher's lexical base, intonation, and tone of voice have a transformative effect on students' abilities to listen to and understand the lesson. Additionally, the article evaluates the damage caused to the teaching process by the use of non-normative speech, namely dialects, jargons, and filler words, as well as the factors causing students' distraction and low motivation. The methodology of the research is mainly based on the analysis of existing pedagogical, psychological, and linguistic literature. It is highlighted that a low level of speech culture by the teacher in the pedagogical communication process creates not only academic but also disciplinary problems, leading to a decrease in students' self-confidence and a loss of interest in the subject. The process of simplifying complex scientific concepts and conveying them to the learner through the teacher's words is characterized as the foundation of cognitive development. Consequently, this article proves the necessity of improving the speech habits of specialists engaged in pedagogical activities and shows that a high speech culture is an integral and perhaps the most decisive element of professional teacher competence. Enhancing the quality of teaching directly depends on the teacher's continuous work on their own speech.

Keywords: speech culture, pedagogical communication, quality of teaching, teacher-student relationships, academic success.

MÜƏLLİMİN NİTQ MƏDƏNİYYƏTİNİN TƏDRİSƏ TƏSİRİ

XÜLASƏ. Təqdim olunan məqalədə müəllimin nitq mədəniyyətinin tədris prosesinin səmərəliliyinə, şagirdlərin akademik nailiyyətlərinə və psixoloji vəziyyətinə təsiri hərtərəfli şəkildə tədqiq edilir. Təhsil prosesində müəllim nitqi yalnız informasiya ötürülməsi vasitəsi deyil, eyni zamanda öyrənənlərin şəxsiyyətinin formalaşmasına, onların biliyi qavrama səviyyəsinə və təhsil müəssisəsindəki ümumi emosional mühitə birbaşa təsir göstərən ən vacib pedaqoji alətdir. Xülasədə və məqalənin ümumi məzmununda nitq mədəniyyətinin əsas komponentləri olan düzgünlük, aydınlıq, səlislik, məntiqilik və emosionallıq kimi meyarlar araşdırılır. Xüsusilə müasir dövrdə – rəqəmsallaşma və texnologiyaların tədrisə kütləvi şəkildə inteqrasiya olunduğu bir dövrdə canlı, etik və qrammatik cəhətdən qüsursuz müəllim nitqinin əhəmiyyəti daha da qabardılır. Tədqiqat zamanı müəllimin leksik bazasının zənginliyinin, intonasiya və səs tonunun şagirdlərin dərsi dinləmə və anlama qabiliyyətinə necə transformativ təsir etdiyi təhlil edilmişdir. Bununla yanaşı, məqalədə qeyri-normativ nitqin, yəni dialektlərin, jarqonların və parazit sözlərin istifadəsinin tədris prosesinə vurduğu ziyan, şagirdlərin diqqət dağınıqlığına və motivasiya düşüklüyünə səbəb olma amilləri dəyərləndirilmişdir. Araşdırmanın metodologiyası əsasən mövcud pedaqoji, psixoloji və linqvistik ədəbiyyatların təhlilinə əsaslanır. Pedaqoji ünsiyyət prosesində müəllimin nitq mədəniyyətinin aşağı olmasının nəinki akademik, həm də tərbiyəvi problemlər yaratdığı, şagirdlərdə özünəinamın azalmasına, fənnə qarşı marağın itməsinə gətirib çıxardığı vurğulanır. Müəllimin sözü vasitəsilə mürəkkəb elmi anlayışların sadələşdirilərək öyrənənə çatdırılması prosesi koqnitiv inkişafın əsası kimi xarakterizə olunur. Nəticə etibarilə, bu məqalə pedaqoji fəaliyyətlə məşğul olan mütəxəssislərin nitq vərdişlərinin təkmilləşdirilməsinin vacibliyini sübuta yetirir və göstərir ki, yüksək nitq mədəniyyəti peşəkar müəllim kompetensiyasının ayrılmaz və bəlkə də ən həlledici elementidir. Tədrisin keyfiyyətinin yüksəldilməsi bilavasitə müəllimin öz nitqi üzərində davamlı işləməsindən asılıdır.

Açar sözlər: nitq mədəniyyəti, pedaqoji ünsiyyət, tədrisin keyfiyyəti, müəllim-şagird münasibətləri, akademik müvəffəqiyyət.

GİRİŞ.

Məqalənin aktuallığı: Müasir təhsil sistemində tədrisin keyfiyyətini müəyyən edən çoxsaylı amillər mövcud olsa da, müəllim və şagird arasındakı pedaqoji ünsiyyət prosesi hər zaman mərkəzi rola malikdir. İxtisas biliklərinin nə qədər dərindən mənimsənilməsindən asılı olmayaraq, müəllimin bu bilikləri qarşı tərəfə ötürə bilmə bacarığı birbaşa onun nitq mədəniyyəti ilə bağlıdır. Cəmiyyətin qloballaşması, informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı və təhsilin rəqəmsal transformasiyası dövründə canlı insan ünsiyyətinin mahiyyəti yeni müstəviyə keçmişdir. Rəqəmsal cihazlar məlumat vermək iqtidarında olsa da, tərbiyə etmək, emosional bağ qurmaq və mürəkkəb bilikləri fərdin psixologiyasına uyğunlaşdıraraq təqdim etmək yalnız yüksək nitq qabiliyyətinə malik müəllimin həyata keçirə biləcəyi funksiyadır. Buna görə də, müəllimin nitq mədəniyyətinin tədris prosesinə təsirinin öyrənilməsi son dərəcə aktualdır. Cəmiyyətdə ədəbi dil normalarının qorunması, gənc nəslin təmiz və səlis dildə danışmaq vərdişlərinin formalaşdırılması birbaşa müəllimin auditoriyadakı nitq modelindən asılıdır. Təəssüf ki, bəzən pedaqoji mühitdə ədəbi dilin normalarının pozulması, ləhcə və şivələrin pedaqoji prosesə daxil olması hallarına rast gəlinir ki, bu da tədrisin səmərəliliyini kəskin şəkildə aşağı salır. Bu baxımdan, müəllim nitqinin təmizliyinin və zənginliyinin qorunması sadəcə təhsil deyil, eyni zamanda milli-mədəni prioritet kimi qarşıda durur.

Məqalənin məqsədi: Bu tədqiqat işinin əsas məqsədi pedaqoji fəaliyyət prosesində müəllimin nitq mədəniyyətinin şagirdlərin koqnitiv qavrayışına, fənnə olan marağına və ümumi akademik müvəffəqiyyətinə təsirini nəzəri və praktiki aspektlərdən əsaslandırmaqdır. Məqalə, müəllim nitqinin leksik-qrammatik zənginliyinin, paralinqvistik xüsusiyyətlərinin (səs tonu, intonasiya, fasilə) tədris olunan materialın anlaşıqlığına necə təsir etdiyini araşdırmağı qarşısına məqsəd qoyur. Həmçinin, pedaqoji ünsiyyət zamanı yol verilən nitq qüsurlarının və qeyri-etik ifadələrin tədris prosesində yaratdığı psixoloji baryerləri təhlil etmək, bu sahədə mövcud problemlərin həlli istiqamətində elmi əsaslandırılmış tövsiyələr irəli sürmək tədqiqatın prioritet vəzifələrindəndir.

ƏSAS HİSSƏ.

Pedaqoji Ünsiyyət və Nitq Mədəniyyətinin Mahiyyəti. Müəllimlik peşəsini digər sənətlərdən fərqləndirən ən başlıca xüsusiyyət onun əsas alətinin "söz" və "nitq" olmasıdır. Pedaqoji fəaliyyətdə nitq mədəniyyəti sadəcə qrammatik qaydalara riayət etməklə məhdudlaşmır; bu, fikrin məntiqi ardıcıllıqla, auditoriyanın yaş və psixoloji xüsusiyyətlərinə uyğun, emosional rəngarəngliklə ifadə edilməsi sənətidir. Tədqiqatçıların əksəriyyəti pedaqoji nitqi müəllimin peşəkar simasının güzgüsü adlandırırlar. Əlizadə (2007) bu xüsusda göstərir ki, "Müəllimin sözü şagirdin təfəkkür dünyasını formalaşdıran və onun idrak fəallığını hərəkətə gətirən ən güclü psixoloji alətdir" [1, s.82]. Bu sitatdan aydın olur ki, nitq təkcə məlumatı daşıyan vasitə deyil, şagirdin beyin fəaliyyətini stimullaşdıran katalizatordur. Müəllimin söz ehtiyatının zənginliyi şagirdlərə mürəkkəb elmi məfhumları daha anlaşıqlı və maraqlı şəkildə izah etməyə imkan verir. Əks təqdirdə, kasıb leksik ehtiyat və yeknəsəq nitq şagirdin dərsə olan diqqətini azaldır, yorğunluq və qavrama zəifliyi yaradır.

Pedaqoji nitqin əsas tələblərinə aydınlıq, dəqiqlik, ifadəlilik və təmizlik daxildir. Aydınlıq – fikrin şagird üçün tam anlaşıqlı olmasıdırsa, dəqiqlik – istifadə olunan terminlərin yerinə düşməsidir. İfadəlilik nitqin monotonluqdan çıxarılaraq canlandırılması, təmizlik isə ləhcə, şivə və vulqar ifadələrdən kənar olmasıdır.

Müəllim Nitqinin Şagirdin Akademik və Psixoloji İnkişafına Təsiri. Tədris prosesinin səmərəliliyi müəllimin izahatının şagird tərəfindən necə qəbul edilməsindən asılıdır. Mürəkkəb elmi faktların sadələşdirilərək, lakin elmilik prinsipi pozulmadan təqdim edilməsi yüksək pedaqoji ustalıq tələb edir. Vıqotski (2012) inkişafetdirici təlim nəzəriyyəsində dilin və təfəkkürün vəhdətini xüsusi qabardaraq vurğulayır: "Təfəkkür nitqdə ifadə olunmur, o, nitqdə formalaşır; buna görə də öyrənmə mühitində eşidilən hər bir mürəkkəb konstruksiyalı cümlə uşağın zəka inkişafının sərhədlərini genişləndirir" [5, s.145]. Müəllim öz nitqində zəngin cümlə konstruksiyalarından, məntiqi keçidlərdən və səbəb-nəticə əlaqələrini aydın göstərən bağlayıcılardan istifadə etdikdə, şagirdlər də avtomatik olaraq bu düşüncə tərzini mənimsəyirlər.

Bununla yanaşı, paralinqvistik vasitələrin – yəni səs tonu, intonasiya, mimika və jestlərin tədrisdə rolu əvəzsizdir. Tədqiqatlar sübut edir ki, şagirdlər informasiyanın böyük qismini təkcə sözlərdən deyil, o sözlərin necə deyilməsindən qəbul edirlər. Qasımova və Mahmudova (2018) qeyd edirlər ki, "Pedaqoji prosesdə nitqin emosional tonu və dinamikası şagirdlərin informasiyanı qavrama göstəricilərini 40% -ə qədər artıra bilmək gücünə malikdir" [4, s.112]. Həqiqətən də, eyni bir mətni sakit, emosiyasız və monoton səslə oxuyan müəllimlə səsinin tempini dəyişən, lazım gəldikdə fasilələr (pauzalar) edən və xüsusi sözləri məntiqi vurğu ilə fərqləndirən müəllimin yaratdığı akademik nəticə eyni ola bilməz. Fasilələr şagirdə eşitdiyi məlumatı beynində emal etmək üçün vaxt qazandırır, intonasiya isə diqqəti əsas məqamlara yönəldir.

Qeyri-normativ Nitqin və Ünsiyyət Qüsurlarının Tədrisə Mənfi Fəsadları. Təəssüf ki, bəzi hallarda pedaqoji prosesdə müəllimlərin nitqində ədəbi dil normalarının ciddi şəkildə pozulması faktlarına rast gəlinir. Müəllimin dərs prosesində məhəlli (dialekt) sözlərdən, ləhcədən, yaxud gənclər arasında yayılmış jarqonlardan istifadə etməsi birmənalı şəkildə tədrisin keyfiyyətinə mənfi təsir edir. Müəllim şagird üçün "ideal model" statusunu daşıyır. Şagirdlər, xüsusən də kiçik və orta yaş qrupunda olanlar, müəllimin danışıq tərzini şüursuz şəkildə yamsılayırlar (təqlid edirlər). Əgər müəllim "parazit sözlər"dən (yəni, deməli, beləliklə, zad və s.) sıx istifadə edirsə, bu həm nitqin estetikliyini pozur, həm də öyrənənlərin fikrini əsas mövzudan yayındırır.

Həsənov (2015) bu problemi təhlil edərək çox haqlı olaraq bildirir: "Müəllimin nitqi yalnız bilik ötürücüsü deyil, eyni zamanda şagirdin estetik, əxlaqi zövqünü və milli dilə hörmət hissini formalaşdıran əsas meyarlardan biridir; qüsurlu nitq məktəblinin dil şüurunda destruktiv izlər buraxır" [2, s.42]. Şagird müəllimin nitqindəki bu natamamlıqları hiss etdikdə fənnə və bütövlükdə müəllimə olan inamı azalır. Bundan başqa, aqressiv səs tonu və ya qeyri-etik müraciət formaları şagirdlərdə qorxu, narahatlıq və özünəqapanma yaradır ki, belə psixoloji mühitdə hər hansı səmərəli öyrənmədən söhbət gedə bilməz.

Müəllim Nitqinin Təkmilləşdirilməsi İstiqamətləri. Göründüyü kimi, müəllimin nitq mədəniyyəti təsadüfi və ya anadangəlmə istedadla məhdudlaşan bir bacarıq deyil. Bu, xüsusi hazırlıq, davamlı özünüinkişaf və mütaliə tələb edən peşəkar kompetensiyadır. Müəllim hər zaman öz lüğət ehtiyatını zənginləşdirməli, klassik və müasir ədəbiyyatı mütaliə etməli, elmi terminologiyadan istifadə qaydalarını daim təkmilləşdirməlidir. Mehrabov (2010) vurğulayır ki, "Müasir pedaqoq həm də yaxşı bir notiq olmalıdır, çünki texnologiyanın verdiyi quru məlumatı ruhlandırıb şagirdə sevdirəcək yeganə qüvvə müəllimin natiqlik məharətidir" [3, s. 95]. Müəllim tədris prosesindən əvvəl məlumatı necə, hansı formada və hansı ifadələrlə çatdıracağını planlaşdırmalıdır. Tədrisin vizual və interaktiv metodlarla zənginləşdiyi bir dövrdə də müəllim nitqi hərəkətverici ox rolunu oynayır və fərqli materialları bir-birinə bağlayan əsas məntiqi zənciri təşkil edir.

NƏTİCƏ.

Aparılan təhlillər və elmi-pedaqoji ədəbiyyatların nəzərdən keçirilməsi nəticəsində aşağıdakı qənaətlərə gəlmək mümkündür:

1.Müəllimin nitq mədəniyyəti tədris prosesinin uğurunu və şagirdlərin akademik müvəffəqiyyətini

şərtləndirən ən həlledici, fundamental amillərdən biridir. Fənnin mənimsənilməsi faizi birbaşa materialın şagirdə hansı dildə, hansı səs tonunda və necə bir məntiqi ardıcıllıqla çatdırılmasından asılıdır.

2.Yüksək nitq mədəniyyəti təkcə qrammatik qaydalara əməl etmək deyil. Bu, həm də zəngin lüğət

tərkibinə malik olmaq, fikri şagirdlərin psixoloji yaş xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq sadə və anlaşıqlı formaya sala bilmək, intonasiya və pauzalardan yerində istifadə edərək dərsi emosional cəhətdən canlandırmaq sənətidir. Zəngin nitq şagirdlərin koqnitiv qavrayışını sürətləndirir və dərsi dərindən anlamalarına zəmin yaradır.

3.Müəllim nitqindəki qüsurlar – parazit sözlərin bolluğu, məhəlli ləhcələr, qeyri-etik ifadələr və

monoton səs tonu – şagirdlərdə tədrisə qarşı marağın itməsinə, diqqətin dağınıqlığına və psixoloji baryerlərin yaranmasına səbəb olur. Müəllim həmişə ədəbi dilin keşikçisi rolunda çıxış etməli, gənc nəslə dilin saflığını öz şəxsi nümunəsində aşılamalıdır.

4.Pedaqoji kadrların hazırlanması prosesində universitetlərin müvafiq fakültələrində gələcək

müəllimlərin yalnız ixtisas biliklərinə deyil, eyni zamanda onların natiqlik məharətinin və nitq mədəniyyətinin inkişafına da ciddi diqqət yetirilməlidir. Təcrübəli müəllimlər isə mütəmadi olaraq bu istiqamətdə ixtisasartırma təlimlərinə cəlb edilməli, öz üzərlərində işləməyi peşəkar borc hesab etməlidirlər. Nəhayət, tədrisin tərbiyəedici xarakteri birbaşa müəllimin nəyi deməsi ilə yanaşı, necə deməsi üzərində qurulur. Şagirdin həm şəxsiyyət kimi inkişafı, həm də gələcəyin savadlı vətəndaşı kimi formalaşması müəllimin ona ünvanladığı sözün gücündən, təmizliyindən və müdrikliyindən asılıdır.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1.Əlizadə, Ə. Ə. (2007). *Müasir Azərbaycan məktəbinin psixoloji problemləri*. Bakı: Pedaqogika Nəşriyyatı.

2.Həsənov, A. (2015). *Müəllim nitqinin inkişaf etdirilməsi texnologiyaları*. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.

3.Mehrabov, A. O. (2010). *Müasir təhsilin pedaqoji texnologiyaları*. Bakı: Mütərcim.

4.Qasımova, L. N. & Mahmudova, R. M. (2018). *Pedaqoji ünsiyyət və nitq mədəniyyəti*. Bakı: Elm və Təhsil.

5.Vıqotski, L. S. (2012). *Təfəkkür və nitq* (M. Məmmədov, Tərc.). Bakı: BDU Nəşriyyatı. (Orijinal əsərin nəşr ili 1934).

LİTERARY MOVEMENTS AND THEİR AESTHETİC-PHİLOSOPHİCAL CHARACTERİSTİCS

Leyla Hesenova

leylamuzi@gmail.com

Summary

Literature has always developed in close connection with the social environment and the intellectual processes of its time. Changes in political life, philosophical thought and aesthetic views have inevitably influenced both the content and artistic form of literary works. Literary movements emerged as important systems that reflected these historical and ideological transformations. Although different literary tendencies may coexist within the same historical period, each of them is distinguished by its particular worldview, aesthetic principles, artistic methods and conception of the individual. This article examines the principal characteristics of Enlightenment Realism, Critical Realism and Romanticism, as well as their role in world and Azerbaijani literary history.

Keywords: literary process, literary movements, Enlightenment Realism, Critical Realism, Romanticism, aesthetics

The development of literature throughout history has been closely related to the intellectual, social and cultural conditions of different periods. Literary movements represent the collective artistic and ideological tendencies formed in the creative activity of writers who share similar principles and aesthetic ideals. These movements have played an essential role in shaping literary thought and have contributed to the transformation of artistic perceptions of humanity, society and reality.

Different stages of literary development have produced a wide variety of movements, including Classicism, Romanticism, various forms of Realism, Naturalism, Symbolism and Modernism. Each of these directions has introduced distinctive artistic approaches and has offered its own interpretation of the relationship between the individual and the surrounding world. Among the important literary movements that significantly influenced the development of world and Azerbaijani literature are Enlightenment Realism, Critical Realism and Romanticism. Enlightenment Realism developed under the influence of the philosophical ideas of the Enlightenment and became particularly significant in European and Eastern literature during the transition from the eighteenth to the nineteenth century. The representatives of this movement believed that social progress could be achieved primarily through education, knowledge and the development of human consciousness. Unlike literary trends that focused mainly on exposing the negative aspects of society, Enlightenment Realism emphasized the possibility of improving social life through intellectual and moral development. Writers promoted education, rational thinking, scientific knowledge and ethical values. The human mind was regarded as a powerful instrument capable of overcoming ignorance and contributing to the progress of society. Prominent European thinkers and writers such as Voltaire, Denis Diderot and Jean-Jacques Rousseau were closely associated with Enlightenment ideas. In Azerbaijani literature, Abbasgulu Agha Bakikhanov, Mirza Fatali Akhundzade and Mirza Shafi Vazeh played an important role in promoting Enlightenment principles. The works of Mirza Fatali Akhundzade occupy a particularly significant position in this respect. His dramatic and comedic works addressed issues such as ignorance, superstition, religious fanaticism and the lack of education. Through satire and artistic criticism, he encouraged society to value knowledge and intellectual progress. From an aesthetic perspective, Enlightenment Realism was especially productive in prose and drama. These genres provided writers with opportunities to portray everyday social realities while simultaneously communicating educational and moral ideas to the audience. Nevertheless, Enlightenment tendencies also appeared in poetic works.

Critical Realism emerged as an influential literary movement during the nineteenth century. While Enlightenment Realism relied largely on education as a means of improving society, Critical Realism focused more directly on revealing social contradictions and exposing the causes of inequality and injustice. The representatives of this movement attempted to encourage readers to reconsider the existing social order by portraying the difficulties experienced by individuals. Poverty, inequality, injustice, ignorance and personal tragedy became important subjects of literary representation. The realistic depiction of social conditions was combined with a critical attitude toward the flaws of society. One of the major artistic principles of Critical Realism was objectivity. Writers sought to present characters within the concrete circumstances of real life and to demonstrate the influence of social conditions on human destiny. The relationship between the individual and society therefore became one of the central issues of this movement. Honoré de Balzac, Charles Dickens, Leo Tolstoy and Fyodor Dostoevsky are among the major representatives of Critical Realism in world literature. Their works presented complex social environments and revealed the contradictions that shaped human life. Critical Realism also had a significant impact on Azerbaijani literature. Jalil Mammadguluzadeh and Abdurrahim bey Hagverdiyev are among the important

writers associated with the realist tradition. In the works of Jalil Mammadguluzadeh, social inequality, ignorance, superstition and the problems caused by insufficient education are presented with sharp criticism and powerful artistic expression. The aesthetic foundation of Critical Realism is closely connected with the creation of representative characters and the truthful portrayal of social reality. Through typical characters and recognizable situations, writers attempted to reveal the deeper problems existing within society. Romanticism emerged as a reaction against the excessive dominance of rationalism and intellectual calculation. Developing in the late eighteenth century, this literary movement emphasized emotions, imagination, personal freedom and the spiritual world of the individual. One of the essential characteristics of Romanticism is the desire to move beyond ordinary reality. Romantic writers frequently turned toward dreams, ideals, distant worlds and extraordinary situations. The romantic hero is often presented as an exceptional personality who experiences conflict with society and strives to achieve spiritual freedom or a higher ideal. Nature also occupies a special position in Romantic literature. It is not simply presented as a physical environment but often becomes connected with the emotional and spiritual condition of the individual. The relationship between humanity and nature acquires symbolic and philosophical significance. The expression of personal feelings, the search for freedom, the pursuit of perfection and the conflict between the ideal and reality are among the principal themes of Romanticism. The hero's inner experiences frequently become the center of artistic attention. Johann Wolfgang von Goethe, Friedrich Schiller, Lord Byron and Alphonse de Lamartine are among the distinguished representatives of Romantic thought in world literature. Their works demonstrate the richness of imagination and the philosophical depth characteristic of the movement. Romanticism occupies an important place in the history of Azerbaijani literature as well. Huseyn Javid, Ali bey Huseynzade, Ahmad Javad, Abdulla Shaig and Mahammad Hadi are among the prominent figures associated with the Romantic tradition. The philosophical drama *Iblis* by Huseyn Javid represents one of the significant examples of Romantic thought in Azerbaijani literature. The work addresses profound questions related to the spiritual destiny of humanity, the confrontation between good and evil, freedom and salvation. These ideas are expressed through an artistic system distinguished by philosophical reflection and romantic imagination. The most characteristic aesthetic features of Romanticism include devotion to elevated ideals, the creation of extraordinary heroes, the central role of imagination, a poetic interpretation of nature and the powerful expression of emotions.

Literary movements have emerged as a result of the social, philosophical and aesthetic development of different historical periods. Each movement has offered a distinctive understanding of art and has contributed to the enrichment of literary thought. Enlightenment Realism emphasized the transformative role of education, knowledge and rational thinking. Critical Realism focused on the contradictions and injustices of social life, seeking to reveal reality through a critical artistic perspective. Romanticism, on the other hand, directed attention toward the emotional and spiritual world of the individual and emphasized the pursuit of freedom and the ideal. Despite their differences, these literary movements have all played an important role in the historical development of literature. Their study makes it possible not only to understand artistic processes but also to gain a deeper understanding of the intellectual and social atmosphere of the periods in which they emerged.

Literature:

1. Garagozova, E. *Literary Trends in the Modern Literary Process*. Literature Newspaper, 2022.
2. Huseynoglu, S. *Literary Theory*. Literature Newspaper, 2021.
3. Salamoglu, T. *Literary Theory: Problems and Considerations*. Kredo Newspaper, 2013.

MÜASİR YAZIÇILARIMIZIN AZƏRBAYCAN UŞAQ FOLKLORUNDA YARADICILIĞI

Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Edebiyat öğretim teknolojisi bölümü

(ahmadovaa708@gmail.com) **ORCID: 0000-0002-2464-2513**

Özet

Vahabzade, her zaman halkının yanında olmuş ve edebiyatın gelişmesine büyük katkılarda bulunmuştur. Eserleri halk tarafından sevilmiş ve sempatiyle karşılanmıştır. Halk ruhuna ve halk edebiyatına bağlı olan şair, eserlerinde folklor örneklerinden yararlanmış ve bunu yaratıcılığına yansıtmıştır. B. Vahabzadeh eserlerinde çocuk folkloru da dahil olmak üzere folklorun hemen hemen bütün türlerini dikkatle ele almıştır. Halk şairi, çocukların yaratıcılığına özel bir duyarlılıkla yaklaştı. Böylece beşikten okul çağına kadar olan çocuk dönemini şiirsel epizotlarla yansıtmıştır. Çocuk folkloru denildiğinde ilk olarak sözlü halk edebiyatı örneklerinin kastedildiği unutulmamalıdır. Bunlar arasında çocuk oyunları özel bir yer tutar, şairin eserlerine de yansır, bilmeceler, testler, masallardan örnekler özel başlıklar halinde verilir. B.Vahabzade'nin eserlerinde folklora, sözlü edebiyata ve aynı zamanda kendi evine, yurduna, ocağına, beşiğine bağlılık duygusu, bireyin kendi manevi özünden ayrılmazlığını dile getirir. Şair, genç okuyucusuna ilk sevgi ve saygı duygusunu böyle aşılayarak, atalarımızın, büyük büyükbabalarımızın ocaklarından, köklerinden, geçmişlerinden kopmadıkları için yükseldiklerini göstermektedir. Büyüdükleri, yetişkin oldukları beşiği unutmamışlar, geride bıraktıkları vatan ve yuvaya rağmen benimsedikleri örf, adet ve gelenekleri, vatanlarına olan bağlılıklarını nesilden nesile aktarmışlardır. Eserlerinde yer alan çocuk folkloru örneklerinin temel amacı ve özü bu etkenlerle ölçülmektedir. Görüşümüzü desteklemek için şairin çocuklarla ilgili şiirlerine örnek olarak "Beşik", "Doğum Günüm", "Annem Yeniden Büyüyor", "Azerbaycan Annesi", "Annemin Armağanı" vb. şiirleri verilebilir. gösterebiliriz. Çocuk folklorunun en yaygın türlerinden birinin ninniler olduğunu biliyoruz. Ninni, annelerin bebeklerinin rahat bir uykuya dalmasını sağlamak, beslemek, okşamak, sakinleştirmek vb. amaçlarla kullandıkları bir şarkıdır. Çağdaş Azerbaycan edebiyatında kendine özgü üslubuyla öne çıkan halk şairi ve halk adamı Bahtiyar Vahabzade.

Anahtar kelimeler: Çocuk folkloru, sözlü edebiyat, folklor örnekleri, örnek olarak

CREATIVITY OF OUR MODERN WRITERS IN AZERBAIJAN CHILDREN'S FOLKLORE

Abstract

Vahabzade always stood by his people and made significant contributions to the development of literature. His works were loved and received with sympathy by the people. A poet deeply rooted in the folk spirit and folk literature, he utilized examples from folklore in his works and reflected this in his creativity. B. Vahabzadeh carefully addressed almost all genres of folklore in his works, including children's folklore. The folk poet approached children's creativity with particular sensitivity, thus reflecting the childhood period from cradle to school age through poetic episodes. It should be remembered that when referring to children's folklore, examples of oral folk literature are primarily meant. Among these, children's games hold a special place, reflected in the poet's works; riddles, quizzes, and examples from fairy tales are given under special headings. In B. Vahabzadeh's works, the sense of attachment to folklore, oral literature, and also to one's own home, homeland, hearth, and cradle expresses the inseparability of the individual from their own spiritual essence. The poet, by instilling in his young reader the first feelings of love and respect, shows that our ancestors, our great-grandfathers, rose because they never severed ties with their homes, roots, and past. They did not forget the cradle in which they grew up and became adults; despite the homeland and home they left behind, they passed on the customs, traditions, and loyalty to their homeland from generation to generation. The fundamental purpose and essence of the children's folklore examples in his works are measured by these factors. To support our view, we can give examples of the poet's poems about children such as "The Cradle," "My Birthday," "My Mother is Growing Again," "Azerbaijani Mother," "My Mother's Gift," etc. We know that one of the most widespread types of children's folklore is lullabies. A lullaby is a song that mothers use to help their babies fall asleep peacefully, to nourish them, to caress them, to soothe them, etc. Bakhtiyar Vahabzade is a folk poet and folk figure who stands out in contemporary Azerbaijani literature with his unique style.

Keywords: Children's folklore, oral literature, folklore examples, for instance.

GİRİŞ

Müasir Azərbaycan ədəbiyyatında öz dəsti-xətti ilə seçilən xalq şairi, ictimai xadim Bəxtiyar Vahabzadə daim xalqının yanında olmuş, ədəbiyyatın inkişafında böyük xidmətlər göstərmişdir. Onun əsərləri xalq tərəfindən sevilmiş, rəğbət hissi ilə qarşılanmışdır. Xalq ruhuna, xalq ədəbiyyatına bağlı olan şair əsərlərində folklor nümunələrindən bəhrələnmiş və bunu yaradıcılığında əks etdirmişdir. B.Vahabzadə öz əsərlərində, demək olar ki, folklorun bütün janrlarına diqqətlə yanaşmış, uşaq folkloruna da müraciət etmişdir.

Xalq şairi əsərlərində uşaq yaradıcılığına xüsusi həssaslıqla yanaşmışdır. Belə ki, uşaqların beşikdən məktəb yaşına qədər olan dövrünü poetik epizodlarla əks etdirmişdir. Qeyd edək ki, uşaq folkloru dedikdə hər şeydən əvvəl şifahi xalq ədəbiyyatı nümunələri nəzərdə tutulur. Bunların içərsində uşaq oyunları xüsusi yer tutmaqla bərabər, şairin yaradıcılığında da əks olunmuş, həm də xüsusi başlıq şəklində tapmacalar, sınamalar, nağıllardan nümunələr verilmişdir.

B.Vahabzadənin əsərlərində folklora, şifahi ədəbiyyata, eyni zamanda elə-obaya, yurda, ocağa, beşiyə bağlılıq duyğusu şəxsiyyətin öz mənəvi əslindən ayrılmazlığını ifadə edir. Şair azyaşlı oxucusuna belə ilk məhəbbət və ehtiram hissi aşılayıb göstərir ki, əcdadlarımız, ulu babalarımız ona görə yüksəliblər ki, ocağından, köküdən, keçmişindən ayrılmayıblar. Böyüyüb boya-başa çatdıqları beşiyi unutmamış, ayrıldıqları yurda, ocağa yan baxmayaraq mənimsədikləri adət-ənənələri, yurda bağlılığı nəsildən-nəsilə ötürmüşlər.

Yaradıcılığında uşaq folkloru nümunələrinin də əsas qayəsi və məğzi məhz bu amillərlə ölçülür. Fikrimizi əsaslandırmaq üçün şairin uşaqlarla bağlı yazdığı şeirlərinə nümunə olaraq “Beşik”, “Mənim ad günlərim”, “Anam təzədən böyüyür”, “Azərbaycanlı ana”, “Ana hədiyyəsi” və s. göstərə bilərik. Bilirik ki, uşaq folklorunun geniş yayılmış janrlarından biri də laylalardır. Laylalar anaların körpəsinin rahat yuxuya getməsini təmin etmək, bəsləmək, əzizləmək, dilini açmaq və s. ilə əlaqədar oxuduqları nəğmələrdir. Aşağıdakı layla nümunəsi də özündə məhz bu fikri ifadə edir: Laylanın hər xalı bir ümid, güman,

Onun ahənginə qaynadı qanım,

Anamın yanıqlı laylalarından

Süzüldü ruhuma Azərbaycanım

Məlumdur ki, laylalara beşik nəğmələri də deyilir Bu nümunələr hələ dil açmamış körpələr üçün ahəngdar bir ritmlə oxunur. Şairin "Beşik" şeirində də aşağıdakı layladan yaradıcı şəkildə istifadə olunmuşdur:

İnsanın insana məhəbbətini, ey beşik,

İlk dəfə biz səndə duyduq,

Dünyanın zövqünü, səadətini

Ananın o ilıq səsində duyduq.

Layla dedim yatasan,

Qızıl gülə batasan.

Qızıl güllər içində

Şirin yuxu tapasan

B.Vahabzadə yaradıcılığından aydın olur ki, birinci yaş dövrünə daxil olan uşaq folkloru nümunələrinin yaradıcısı da analardır. Göründüyü kimi,doğulduğu kəndə gedərkən orada gördüyü adi taxta beşik şairdə belə geniş, əhatəli hisslər və düşüncələr doğurmuşdur. Bəxtiyar Vahabzadənin "Beşik" şeirində bu hissin ifadəsi səmimi olmaqla bərabər həm də məzmunlu və genişdir:

Bizim anaların laylalarından

Axtı ruhumuza Vətənin özü

Beşik kökümüzdür… ucalıb ordan

Tanıdaq dünyaya öz kökümüzü

Folklor motivlərində maraqlı məqamlardan biri də bəd nəzərdən qorunmaq üçün insanlar arasında tarixən bir çox inanclar yaranmışdır. Onlardan göz muncuğunu və üzərliyi nümunə göstərə bilərik. "Beşik" şeirində şair analarımızın öz körpəsini bəd nəzərədən, şər ruhlardan qorumaq üçün bu vasitələri ustalıqla təsvir etmişdir:

Qara göz muncuğu sol biləyimdə,

Beşiyin üstünde üzərlik, Quran,

Anam qoruyardı məni bunlarla

Dünyanın hər cürə bəlalarından.

İnsanlar arasında üzərliyin qoruyucu-mifik xüsusiyyəti isə aşağıdakı nümunədə bu cür ifadə olunmuşdur:

Üzərliksən, havasan,

Hər bir dərdə davasan,

Balama göz dəyənin

Gözlərini ovasan.

Nümunə olaraq tədqiq etdiyimiz bu laylalar da göstərir ki, sifahi xalq yaradıcılığı yazılı ədəbiyyat üçün daim qaynaq və mənbə olmuş, istər böyüklər, istərsə də uşaqlar üçün yaradılmış folklor nümunələri bədii əsərləri daha da zənginləşdirmişdir. Şairin yaradıcılığını tədqiq etdikcə bir məqam da diqqətimizi çəkir. Belə ki, şair "Anam təzədən böyüyür" şeirində qızına öz anasının adını qoyduğunu vurğulamış, anasının qızıyla bağlı arzu və istəklərini tərənnüm etmişdir:

Anam öz adını qızıma verdi,

Anam nəvəsini çox istəyərdi.

Körpə nəvəsini qoyub yerində

Anam arxayınca dünyadan getdi

Biz bu fikri “Kitabi-Dədə Qorqud” dastanındakı qeyd edəcəyimiz nümunə ilə də müqayisə edə bilərik. Bildiyimiz kimi, “Kitabi-Dədə Qorqud” dastanında Dədə Qorqud Buğac, Basad kimi qəhrəmanlara göstərdiyi şücaətlərinə görə ad verir. Məsələn, birinci boyda oxuyuruq: “Bayandır xanın ağ meydanında bu oğlan cəng etmişdir. Bir buğa öldürmüş sənin oğlun, adı Buğac olsun! Adını mən verdim, yaşını Allah versin!” Dədə Qorqud belə deyir.

Ümumiyyətlə, folklorumuzda “ad vermə” motivini “Kitabi-Dədə Qorqud” dastanında çox geniş şəkildə görə bilərik. Bəxtiyar Vahabzadə də bu motivi öz yaradıcılığında aydın şəkildə ifadə etmişdir. Xalq şairinin “Ana hədiyyəsi” şeirində başqa bir məqam da diqqətimizi çəkir ki, hansı ki bu tərənnüm bir daha “Kitabi-Dədə Qorqud” dastanını yadımıza salır. Belə ki, ana Allahdan diləyir ki, öz ömründən kəsib, balasının ömrünə calasın:

Sən mənim ömrümdən kəsib illəri

Balamın ömrünə cala, ay Allah!

Vurğuladığımız kimi, bu epizod bizə “Kitabi-Dədə Qorqud” dastanının beşinci boyunu xatırladır və iki epizod müqayisə edilə bilər. “Ana hədiyyəsi” şeirində ana öz canını balasına verməyi Allahdan istəyir. Qeyd etdiyimiz Dəli Domrulun qoca ata-anasından can istəməsi isə dastanda aşağıdakı kimi ifadə olunur: Ezrayıl aydır: “Mərə, dəli qavat! Dexine anam dilərsən! Ağsaqqallı baban yanına vardığın, can vermədi. Ağbirçəkli anan yanına vardın can vermədi”

Ümumiyyətlə, folklorumuzda “can istəmə” motivi vardır ki, biz bunu “Kitabi-Dədə Qorqud” dastanında aydın şəkildə görə bilirik və aydın olur ki, müəllif də bu motivi dastandan götürərək öz yaradıcılığında mükəmməl şəkildə tərənnüm etmişdir. Yuxarıda da misal çəkdiyimiz Bəxtiyar Vahabzadə, şeirlərinin hər misrasında beşiyin önəmli olduğunu dəfələrlə tərənnüm etmişdir. Şair ilk mənzil, ilk yuva adlandırdığı beşikdə dahilərin, qəhrəmanların yetişdiyini dönə-dönə nəzərimizə çatdırır və bu, şeirdə əksini aşağıdakı kimi tapmışdır:

Qılınc çəkmək üçün ələmə, dərdə

Sabirlər, Nəbilər, Babəklər yatır,

İnsanın insana məhəbbətini

Ey beşik, ilk dəfə biz səndə duyduq

Beşiyin üstünə səpildi dən-dən

Qaynar çeşmələrin zümzümələri,

Aldı öz kökünü beşiyimizdən

Üzeyir nəğməsi, Füzuli şeri

Göstərilən şeirlərdən də aydın görünür ki, yaradıcılığının əsas məğzini təşkil edən sadəlik, aydınlıq və inandırıcılıq şairin dilinə məxsus əsas xüsusiyyətlərdəndir. Araşdırmalardan aydın olur ki, xalq şairinin yaradıcılığının ruhunu folklor, klassik ədəbiyyat və bəşəri-bədii təfəkkürün zəngin qaynağından götürüb.

Bəxtiyar Vahabzadənin milli-mənəvi dəyərlərdən, xalq ruhundan, folklordan yetərincə bəhrələnməyi onun tariximizə, adət-ənənələrimizə, etnoqrafiyamıza bağlılığının göstəricisidir və bununla şair xalqımızın əbədi sevgisini qazanmış, adı tariximizə qızıl hərflərlə həkk olunmuşdur. Vətən, yurd sevgisini ürəyində və qələmində daşıyan şair qeyd etdiyimiz şeiri də onun kökünə bağlılığının bariz nümunəsidir:

Həmişə öyrədib, öyrədir zaman,

Kökdən gəlməyəni yox etmək asan!

Nəsənsə, özün ol, Kökündən yapış!

Dünənə arxalan, Bu gündən yapış!

Bütün bunlar göstərir ki, şairin yaradıcılığında xalqını üstün tutub torpağının hər daşını, qayasını sevməyi, elinə-obasına vurğunluğu ön plandadır. Şairin yaradıcılığının əsas şərtlərindən biri xalq nümunələrindən maraqlı şəkildə istifadə edərək vətənə, doğma yurda sədaqət, zəhmət, əməksevərlilik müsbət keyfiyyətlər kimi oxucularını yaradıcılığına cəlb edir. Özünün yaratdığı aforizimlərlə xalqdan gələn deyimləri, hikmətli kəlamları yenidən xalqa qaytarmış, gələcək nəsillərə çatdırmağı özünə mənəvi borc bilmişdir.

Bəxtiyar Vahabzadə inanclarla bağlı "Azərbaycanlı ana" şeirində də folklorumuzdan bəhrələnmişdir. Şair soykökünə bağlı olduğu üçün inanclarımızı, atalar sözləri və aforizmləri əsərlərində lazımlı şəkildə, dolğun formada ifadə etmişdir. Göstərdiyimiz bu nümunədə inancla bağlı belə bir fikir diqqətimizi çəkir:

Elə ki, əlində su dolu cürdək

Çıxdı qarşımıza qoca bir ana

Məlumdur ki, Azərbaycan folklorunda su ilə bağlı inanclar çoxdur. Məsələn, səfərə çıxan insanın arxasınca su atmaq, uşağı qırxdan çıxarmaq, əgər su dolu qabla qarşına çıxsalar, işin avand olar və ya adət-ənənələrimizdən biri olan su çərşənbəsini göstərə bilərik. Adət-ənənəmizə görə, ana-bacılarımız övladlarını səfərə yola salarkən işləri, yolları su kimi saf, uğurlu olsun deyə arxalarınca su səpərlər. Şair şeirdə bunu göstərib ki, analarımız qədim inanclarımızı qoruyub saxlayıblar və bunları qorumaq gələcək nəsillərin də mənəvi borcudur:

Bu qədim adətə inanır ana,

İnanır yollarda bizə xətər yox.

İnanır inama, inanır suya,

İnanır mənzilə çoxdan çatmışıq.

Xalq arasında belə inanclar da var ki, insanlar gördükləri yuxunu suya danışarlar. Nağıllarda suyun insanla danışması, sudan dilək diləmə və s. bu kimi məqamlar fikrimizin izahına bir nümunədir. Xalq arasında daha bir inanca görə, çərşənbə gecəsində sular axmır, dayanır. Xalqımızın su ilə bağlı inaclarına daha bir nümunə olaraq, suya salınmış iynə ilə bəxt sınamaq mərasimini göstərə bilərik. Suyla bağlı çoxlu sayda bu və digər inanclar xalqımızın yaddaşında və folklorumuzda qorunub saxlanılır:

Hardasa bədbəxtlik məni izləsə,

Qorxmuram, bilirəm ötəcək gec-tez,

Dayanıb üstümdə ana kölgəsi,

Cürdəkdən su səpir arxamca səssiz

Beləliklə, apardığımız araşdırmadan aydın olur ki, Bəxtiyar Vahabzadə yazılı ədəbiyyatla uşaq folkloru ədəbiyyatı arasında mənəvi bir bağlılıq yaradan, folklorun incəliklərindən öz üslubu, dəsti-xətti ilə istifadə edən yazıçılarımızdan biri olub. Buna görə də, yaradıcılığının əsas məğzini təşkil edən sadəlik, aydınlıq və inandırıcılıq şairin dilinə məxsus əsas xüsusiyyətlərdəndir.

KAYNAKLAR

1.Bəxtiyar Vahabzadə. Payız düşüncələri. B., "Yazıçı",1981, 145 səh.

2.Bəxtiyar Vahabzadə. Hər çiçəkdən bir ləçək. Şeirlər. (Tərcümələr.) B., "Yazıçı". 1982. 247 səh. 3.Bəxtiyar Vahabzadə. Lirika.-B., Azərnəşr, 1981, 215 səh.

4.Xalqımızın deyimləri və duyumları. Bədii ədəbiyyat. Toplayıb yazıya alanı, işləyəni və tərtib edəni: Həkimov

M.İ. Maarif, 1986,392 səh

5.Kitabi-Dədə Qorqud. Əsil və sadələşdirilmiş mətnlər. Bakı, "Öndər nəşriyyat", 2004, 376 səh. 6.Yaşar Qarayev. Şamil Salmanov. Poeziyanın kamilliyi, B., "Yazıçı", 1985.193 səh.

M.İ. Maarif, 1986,392 səh.

TOLSTOY VƏ DOSTOYEVSKİ: GÖRÜŞMƏYƏN İKİ YAZIÇININ YARADICILIQ ƏLAQƏLƏRİ

Aynur Zahir qızı Bədəlova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin müəllimi

https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-9288-6218

badalovaaynurrr@gmail.com

Xülasə

Məqalədə XIX əsr rus ədəbiyyatının görkəmli nümayəndələri Lev Tolstoy və Fyodor Dostoyevskinin qarşılıqlı münasibətləri araşdırılır. Yazıçıların eyni dövrdə yaşaması və bir-birinin yaradıcılığı ilə yaxından tanış olmalarına baxmayaraq, şəxsi tanışlıqlarının baş tutmaması diqqət doğurur. Məqalədə Dostoyevskinin "Anna Karenina" romanına münasibəti, Tolstoyun isə "Ölü evdən qeydlər" əsəri haqqında yüksək fikirləri təhlil edilir. Həmçinin Tolstoyun Dostoyevskinin ölümündən sonra Nikolay Straxova yazdığı məktub əsasında onun yazıçıya münasibəti araşdırılır. Məqalədə iki sənətkarın yaş və həyat şəraitindəki fərqlərə də toxunulur və onların şəxsi tanışlıqlarının olmamasına baxmayaraq yaradıcılıq baxımından bir-birini yüksək qiymətləndirdikləri göstərilir.

Açar sözlər: sənətkar, yaradıcılıq, dünyagörüşü, münasibət.

Abstract

The article examines the relationship between the prominent representatives of 19th-century Russian literature, Lev Tolstoy and Fyodor Dostoevsky. Despite the fact that the writers lived in the same period and were closely acquainted with each other's work, it is noteworthy that they did not meet in person. The article analyzes Dostoevsky's attitude to the novel "Anna Karenina" and Tolstoy's high opinion of his work "Notes from the House of the Dead". It also examines Tolstoy's attitude to the writer based on a letter he wrote to Nikolai Strakhov after Dostoevsky's death. The article also touches on the differences in age and living conditions of the two artists and shows that, despite their lack of personal acquaintance, they highly appreciated each other in terms of creativity.

Keywords: artist, creativity, worldview, attitude.

Giriş

Rus ədəbiyyatının iki böyük dahisi Tolstoy və Dostoyevski! XX əsrin bir çox məşhur dünya yazıçıları onların yaradıcılığına heyranlıq və ehtiramla yanaşmış, yaradıcılıqlarına göstərdikləri böyük təsiri etiraf etmişlər. Və burada təəccüblü bir məqam var. Bu iki həmvətən və müasir bir-biri ilə heç vaxt tanış olmayıblar. Halbuki onların hər ikisi demək olar ki, bütün tanınmış rus ədibləri ilə ünsiyyətdə olub. Hər ikisi geniş yazışmalar aparıb. Lakin onlar bir-birlərinə bircə sətir də yazmayıblar. Bir-birini tanımamalarına baxmayaraq, hər ikisi qarşı tərəfin yaradıcılığına və şəxsiyyətinə daim, qarşısıalınmaz maraq göstərib. Başqa cür də ola bilməzdi. Şübhəsiz ki, onların hər ikisi yalnız digərinin özünə bərabər olduğunu hiss edirdi. Onlar tanış olmaq istəyirdilər, lakin bu arzu heç vaxt gerçəkləşmədi! Onların görüşməsinə hər ikisinin yaxın tanışı olan tənqidçi və filosof Nikolay Straxovun olması da kömək etmədi. Əvvəlcə sadəcə uyğun fürsət yaranmırdı. 1855-ci ildə "Uşaqlıq" əsərinin nəşrindən sonra hamının diqqətini öz üzərinə çəkmiş gənc yazıçı Tolstoy Dostoyevskinin yaşadığı Peterburqa gəlir. Burada Turgenev və Nekrasovla tanış olur. Lakin Dostoyevski həmin vaxt burada deyildi, bir neçə il katorqadan sonra sürgündə idi. Dostoyevski nəhayət Peterburqa qayıtdıqda isə Tolstoy demək olar ki, ya Yasnaya Polyanada, ya da Moskvada olurdu. Lakin onların bir-birinə olan uzaqdan marağı getdikcə artırdı. "Hərb və sülh" romanı Dostoyevskiyə güclü təsir göstərmişdi. Əsəri oxuduqdan sonra o, daim Tolstoy haqqında düşünürdü. Görünür, məhz həmin vaxt Tolstoyu görmək arzusu yaranmışdı. Lakin bu arzu heç vaxt həyata keçmədi. Tolstoy isə gündəliyində "Alçaldılmış və təhqir olunmuşlar" romanını oxuduğunu və əsərdən duyğulandığını qeyd etmişdi. 1877-ci ildə Straxov "Anna Karenina"nın Peterburqdakı uğuru haqqında Tolstoya yazaraq bildirirdi: "*Dostoyevski əllərini yelləyir və sizi sənət tanrısı adlandırır".* Dostoyevski "Yazıçının gündəliyi"ndə bu romana həsr olunmuş məqalə dərc edir. Məqalədə Tolstoy haqqında "misilsiz yüksəklikdə sənətkar", "dahi səhnə", "dahiyanə" kimi ifadələr işlədilir. Sonda isə belə yazır: *"Anna Kareninanın müəllifi kimi insanlar cəmiyyətin müəllimləridir, biz isə yalnız onların şagirdləriyik".* Bununla belə, Dostoyevski Tolstoyun bəzi mövqeləri ilə razılaşmırdı. Qeyd etmək lazımdır ki, onlar, xüsusilə də Tolstoy, bir-birlərinin yaradıcılığı və dünyagörüşü haqqında kifayət qədər tənqidi fikirlər söyləmişlər. Görünür, Dostoyevski Tolstoyu daha çox sənətkar kimi qiymətləndirirdi, nəinki mütəfəkkir kimi. Tolstoy isə əksinə, onun düşüncə dünyasına daha yüksək qiymət verirdi. Tolstoyu Dostoyevskinin yazı dili xüsusilə qane etmirdi. Maksim Qorki Tolstoy haqqında yazdığı kitabda xatırlayırdı: *"O, Dostoyevski haqqında istəksiz,*

səylə, bəzi şeylərdən qaçınaraq, digərlərinin öhdəsindən gələrək danışırdı.”. [2.] 1878-ci ildə görüşmək üçün yaxşı bir imkan yaranır. Filosof Vladimir Solovyovun mühazirəsində Tolstoy Straxovla birlikdə iştirak edir. Lakin Straxov onları bir-biri ilə tanış etmir. Bəlkə də onlar hətta bir-birindən çox uzaq olmayan yerdə dayanmışdılar! 1880-ci il iyunun 6-da Moskvada Puşkinə abidənin açılışı olur. İyunun 8-də Rusiya ədəbiyyatı həvəskarları cəmiyyətinin iclası keçirilir və Dostoyevski burada dinləyiciləri sarsıdan məşhur Puşkin nitqini söyləyir. İclasda bütün tanınmış yazıçılar iştirak edirdi. Yalnız Tolstoy yox idi. Halbuki Turgenev xüsusi olaraq Yasnaya Polyanaya gedərək onu gəlməyə razı salmağa çalışmışdı. Tolstoy mənəvi dönüş yaşadıqdan sonra hər cür abidəni dünyəvi həyatın mənasız təzahürü hesab edirdi. Həmin il Tolstoy Straxova yazırdı: *“ Ölü evdən qeydlər’i oxudum. Çox şeyi unutmuşdum, yenidən oxudum və Puşkini də daxil etməklə bütün yeni ədəbiyyatda bundan yaxşı kitab tanımıram... Dünən uzun müddətdən bəri heç vaxt olmadığı qədər zövq aldım. Əgər Dostoyevskini görsəniz, ona deyin ki, mən onu sevirəm”.*[2.] Straxov bu məktubu Dostoyevskiyə göstərir. Dostoyevski bundan çox təsirlənir və sevinir, hətta Straxovdan məktubu ona verməsini xahiş edir. Lakin eyni zamanda səmimi şəkildə məyus olur! Tolstoyun onu Puşkindən də üstün tutmasında Dostoyevski öz idealına qarşı hörmətsizlik əlaməti kimi görür.

Dostoyevskinin ölümündən sonra Tolstoy Straxova yazdığı məktubda belə deyirdi: *“Kaş ki, Dostoyevski haqqında hiss etdiyim hər şeyi ifadə edə bilərdim... Mən bu insanı heç vaxt görməmişəm və onunla heç vaxt birbaşa münasibətim olmayıb. Lakin o vəfat etdikdə anladım ki, o, mənim üçün ən, ən yaxın, ən əziz və mənə ən çox lazım olan insan imiş. Mən yazıçı idim, yazıçılar isə hamısı şöhrətpərəst və paxıldırlar. Ən azı mən belə bir yazıçıyam. Lakin heç vaxt onunla özümü müqayisə etmək ağlımdan keçməyib. Onun gördüyü bütün işlər – yaxşı, həqiqi olan hər şey elə idi ki, o nə qədər çox iş görsə, mənim üçün bir o qədər yaxşı idi. Sənət məndə paxıllıq oyadır, ağıl da həmçinin, lakin ürək məsələsində yalnız sevinc hiss edirəm. Mən onu öz dostum hesab edirdim və başqa cür düşünmürdüm. Elə bilirdim ki, biz mütləq görüşəcəyik. Sadəcə, bunun üçün vaxt çatmamışdı. Və birdən nahar zamanı –mən tək nahar edirdim, gecikmişdim və onun öldüyünü oxudum. Sanki mənim üçün hansısa dayaq yerindən qopdu. Özümü itirdim. Sonra isə onun mənim üçün nə qədər əziz olduğu aydın oldu. Mən ağladım və indi də ağlayıram”.* [2.] Straxov Dostoyevskiyə qarşı nifrətlə dolu məşhur məktubunu yazdıqda Tolstoy cavab məktubunda Dostoyevskini müdafiə etmişdi.

Dostoyevskinin həyat yoldaşı Anna Qriqoryevna Dostoyevskaya öz “Xatirələr”ində Tolstoyla söhbətini də təqdim edir:

– Mən həmişə təəssüf edirəm ki, sizin həyat yoldaşınızla heç vaxt görüşməmişəm.

– O da buna necə təəssüflənirdi! Halbuki görüşmək üçün imkan olmuşdu – bu, sizin Vladimir Solovyovun mühazirəsində olduğunuz zaman idi. Xatırlayıram, Fyodor Mixayloviç hətta Straxovu məzəmmət etmişdi ki, sizin mühazirədə olduğunuzu ona niyə deməyib. “Heç olmasa ona baxardım, – deyirdi həyat yoldaşım, – əgər söhbət etmək imkanımız olmasaydı belə”.

– Doğrudanmı? Sizin həyat yoldaşınız da həmin mühazirədə olub? Bəs Nikolay Nikolayeviç bunu mənə niyə deməyib? Nə qədər heyif! Dostoyevski mənim üçün əziz bir insan idi və bəlkə də haqqında çox şey soruşa biləcəyim, mənim bir çox sualıma cavab verə biləcək yeganə insan idi... Mənə deyin, sizin həyat yoldaşınız necə insan idi, sizin qəlbinizdə, xatirələrinizdə necə qaldı?

Məni onun Fyodor Mixayloviç haqqında danışarkən istifadə etdiyi səmimi və kövrək ton dərindən təsirləndirmişdi. [5.]

Tolstoyun Yasnaya Polyananı tərk etməsindən və dəmiryol stansiyasında ölümündən əvvəl oxuduğu sonuncu kitab “Karamazov qardaşları” olmuşdur.

İ. Volgin “Dostoyevskinin son ili” adlı diqqətəlayiq kitabında maraqlı bir ehtimal irəli sürür: 1878-ci ildə Tolstoy, bəlkə də, Dostoyevski ilə görüşmək istəmirdi. Straxov iddia edirdi ki, Tolstoy həmin vaxt ondan heç kimlə tanış etməməyi xahiş etmişdi. Volgin yazır: *“Yaşadığı mənəvi dönüşün təsiri altına dərindən düşmüş Tolstoy instinktiv olaraq doğmaqda olan inancını sarsıda biləcək hər şeydən uzaqlaşırdı. “Yazıçının gündəliyi”nin müəllifi kimi qüdrətli bir yazıçı ilə görüş və qaçılmaz mənəvi qarşıdurma onun böyük çətinliklə formalaşdırdığı Tolstoy dünyasının bütövlüyünü poza, onun ən dərin əsaslarını sarsıda bilərdi. İllər sonra Anna Qriqoryevnaya mərhum həyat yoldaşı ilə tanış ola bilmədiyinə görə səmimi təəssüfünü bildirən Tolstoy, təbii ki, həmin dövrdəki motivlərini artıq xatırlamırdı”.* [1, səh 505]

Aydındır ki, uzun illər ərzində onların hər ikisində bir-biri ilə tanış olmaq üçün güclü qarşılıqlı istək mövcud olmuşdur. Eyni zamanda, şüuraltı səviyyədə bu görüşə qarşı müəyyən müqavimət də vardı. Görünür, məhz bu müqavimət daha güclü olmuş və iki böyük dahinin görüşünün baş tutmasına mane olmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Волгин, И. Л. (2010). Последний год Достоевского: Исторические записки (4-е изд., испр. и доп., 736 с.). М.: АСТ; Зебра Е.
2. Достоевский и Толстой: Неразрывная связь двух гениев. https://scientificrussia.ru/articles/dostoevskij-i-tolstoj-nerazryvnaya-svaz-dvuh-geniev
3. Л.Толстой и Достоевский. Дмитрий Мережковский https://www.litres.ru/book/dmitriy-merezhkovskiy/l-tolstoy-i-dostoevskiy-175068/chitat-onlayn/
4. Толстой и Достоевский (Пути сближения) https://voplit.ru/article/tolstoj-i-dostoevskij-puti-sblizheniya/
5. Анна Достоевская, «Воспоминания» https://books.yandex.ru/books/LLzaY8Oi

STEPHEN GREENBLATT'IN ANALİZLERİ IŞIĞINDA WİLLİAM SHAKESPEARE'İN ESERLERİNDE VE ÖZEL HAYATINDA AİLE, EVLİLİK VE KADIN

Dr. Öğr. Türkan HÜSEYNOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Üniversitesi, Shamakhi bölümü, Dil, edebiyat ve onların öğretim teknolojisi bölümü, Dünya edebiyatı öğretmeni

Bakü Devlet Üniversitesi, Dünya edebiyatı bölümü doktora öğrencisi

turkan.huseynova.8989@mail.ru

https://orcid.org/0009-0008-0507-0880

Özet

Bu araştırmada, Harvard Üniversitesi profesörü Stephen Greenblatt'ın analizlerinden hareketle, yalnızca İngiliz edebiyatının değil, genel olarak dünya edebiyatının en önemli figürlerinden biri olan William Shakespeare'in aile ve aşk hakkındaki düşünceleri; hem özel hayatından hem de eserlerinden sunulan kanıtlar vasıtasıyla ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Greenblatt, mevcut verilerin önemli bir kısmına dayanarak Shakespeare'in başarısız bir aile hayatı yaşadığı sonucuna varıldığını ifade etmektedir. Shakespeare, henüz 18 yaşındayken kendisinden büyük olan 26 yaşındaki Anne Hathaway ile evlenmiştir.

Greenblatt'ın Başarısız Evlilik İddiasına Dair Kanıtları

- **Düşük Çocuk Sayısı:** Dönemin İngiltere'sinde salgın hastalıklar nedeniyle çocuk ölümlerinin yüksek olması aileleri çok sayıda çocuk yapmaya yöneltirken, Shakespeare'in yalnızca üç çocuğu olmuştur.
- **Ailenin Seyahatlere Dahil Edilmemesi:** Tiyatro faaliyetleri sebebiyle sık sık seyahat etmesine rağmen, Shakespeare'in ailesinin yaşadıkları bölgeden ayrılarak ona eşlik ettiğine dair hiçbir bilgi bulunmamaktadır.
- **Vasiyetnamedeki Mesafeli Dil:** Dönemin vasiyetnamelerinde sıklıkla rastlanan "sevgili eşime" veya "değerli hanımıma" gibi ifadelere Shakespeare'in vasiyetnamesinde rastlanmamaktadır.
- **Eşine İthaf Edilmemiş Eserler:** Sonelerinin ithaf edildiği kişilerden hiçbiri Anne Hathaway değildir; Shakespeare de tıpkı Dante ve Petrarca gibi eşine tek bir cümle dahi ithaf etmemiştir.

16.yüzyıl dünya edebiyatında aile ilişkileri henüz baskın bir tema niteliği taşımadığından (bu konu ağırlıklı olarak 18. yüzyıldan itibaren öne çıkmıştır), Shakespeare'in eserlerinde de ailevi münasebetler derinlemesine işlenmemiştir.

Greenblatt, yazarın evlilik ve aile kurumu üzerinde özel olarak durmadığını ve bu hususta sarih tavsiyeler sunmadığını belirtmekle birlikte; eserlerinde birbirini derin bir sevgiyle seven ve adeta birbiri için yaratılmış çiftler kurguladığını vurgular. Bunların en bilinen örneği *Romeo ve Juliet*'tir. Greenblatt'a göre Romeo ve Juliet, duygusal açıdan birbirlerini tamamen tamamlayan ve hakikaten birbiri için yaratılmış karakterlerdir.

Eserlerinde ideal veya başarılı aile modelleri çizmemiş olsa da Greenblatt'ın tespitine göre Shakespeare boşanma düşüncesine karşıdır; nitekim eserlerinde boşanma temalı bir kurguya rastlanmaz (bu tema daha sonraki dönemlerde, örneğin Milton'ın eserlerinde daha sık görünür hale gelecektir).

Son olarak Greenblatt, Shakespeare'in eserlerindeki kadın kahramanların daima erkek karakterlerden daha üst seviyede konumlandırıldığını belirtmektedir. Buradan hareketle, oyunlardaki temel problemin erkek karakterlerden kaynaklandığı sonucuna varılabilir; zira Shakespeare kadın karakterlerini karakter derinliği ve irade bakımından çok daha güçlü ve üstün tasvir etmiştir.

Anahtar kelimeler: William Shakespeare, Stephen Greenblatt, Aile ve evlilik

FAMILY, MARRIAGE, AND WOMEN IN THE WORKS AND PRIVATE LIFE OF WILLIAM SHAKESPEARE IN LIGHT OF STEPHEN GREENBLATT'S ANALYSES

Turkan HUSEYNOVA

Lecturer of World Literature, Department of Language, Literature, and Teaching Technologies, Shamakhi Branch of Azerbaijan State Pedagogical University

PhD Student in World Literature, Baku State University

turkan.huseynova.8989@mail.ru

https://orcid.org/0009-0008-0507-0880

Abstract

Based on the analysis of Harvard University professor Stephen Greenblatt, this study aims to reveal the views on family and love held by William Shakespeare—one of the most prominent figures not only in English literature, but in world literature as a whole—through evidence drawn from both his personal life and his works.

Greenblatt states that a significant portion of available data leads to the conclusion that Shakespeare experienced an unsuccessful family life. At just 18 years old, Shakespeare married Anne Hathaway, who was 26 and eight years his senior.

Greenblatt's Evidence Supporting the Claim of an Unsuccessful Marriage

- **Low Birth Count:** While high child mortality rates caused by epidemics in Elizabethan England prompted families to have many children, Shakespeare had only three.
- **Exclusion of Family from Travel:** Despite traveling frequently due to his theatrical activities, there is no evidence that Shakespeare's family ever left their region to accompany him.
- **Distant Language in the Will:** Expressions commonly found in wills of the era, such as "to my beloved wife" or "to my dear lady," are entirely absent from Shakespeare's will.
- **Lack of Dedications to His Wife:** None of his sonnets were dedicated to Anne Hathaway; much like Dante and Petrarch, Shakespeare did not dedicate a single line to his spouse.

Because family relationships were not yet a dominant theme in 16th-century world literature (a topic that gained prominence primarily from the 18th century onward), Shakespeare did not explore familial ties in depth throughout his works.

Although Greenblatt notes that the author did not focus specifically on the institution of marriage and family nor offer explicit advice on the matter, he highlights that Shakespeare created couples who loved each other deeply and seemed truly made for one another. The most famous example is *Romeo and Juliet*. According to Greenblatt, Romeo and Juliet are emotionally complementary characters genuinely crafted for each other.

Even though he did not depict ideal or successful family models in his works, Greenblatt observes that Shakespeare was opposed to the idea of divorce. Indeed, divorce as a narrative theme is absent from his plays (a subject that became more visible in later periods, such as in the works of John Milton).

Finally, Greenblatt emphasizes that female protagonists in Shakespeare's works are consistently placed on a higher plane than their male counterparts. This suggests that the central conflicts in his plays stem from the male characters, as Shakespeare portrayed his female characters with far greater strength of character, willpower, and depth.

Keywords: William Shakespeare, Stephen Greenblatt, Family and Marriage

BİOLOGİYA TƏHSİLİNDƏ EKOLOJİ PROBLEMLƏRİN TƏHLİLİ VASİTƏSİLƏ QƏRARQƏBULETMƏ BACARIQLARININ İNKİŞAFI

İradə Məmmədova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Kimya və biologiya fakültəsi

Biologiya və onun tədrisi texnologiyası kafedrası

baş müəllim

Azərbaycan, Bakı

Xülasə

Müasir biologiya təhsilində şagirdlərin yalnız nəzəri biliklərə yiyələnməsi deyil, real ekoloji problemləri təhlil etmək, müxtəlif alternativləri qiymətləndirmək və elmi əsaslandırılmış qərarlar qəbul etmək bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Təqdim olunan tədqiqatda biologiya təhsilində ekoloji problemlərin təhlili vasitəsilə şagirdlərin qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsinin pedaqoji imkanları araşdırılmışdır. Tədqiqatda probleməsaslı və tədqiqatəsaslı təlim yanaşmalarından, ekoloji situasiya tapşırıqlarından, qrup müzakirələrindən, debat və layihə fəaliyyətindən, məlumatların qrafik və statistik təhlilindən, müşahidə və reflektiv qiymətləndirmədən istifadə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, real və modelləşdirilmiş ekoloji problemlərin təhlili şagirdlərin problemin mahiyyətini müəyyənləşdirmək, səbəb-nəticə əlaqələrini qurmaq, relevant məlumatları seçmək və qiymətləndirmək, alternativ həll yolları irəli sürmək, riskləri və mümkün nəticələri müqayisə etmək, qərarlarını elmi sübutlarla əsaslandırmaq bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır. Eyni zamanda, ekoloji problemlərin təhlili şagirdlərin tənqidi, sistemli və yaradıcı düşünmə, problem həll etmə, argumentasiya və kommunikativ bacarıqlarının formalaşmasını dəstəkləyir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, biologiya dərslərində ekoloji problemlərin "problemin müəyyənləşdirilməsi – məlumatların təhlili – alternativlərin formalaşdırılması – qiymətləndirmə – qərarın qəbul edilməsi – refleksiya" ardıcıllığı əsasında öyrənilməsi şagirdlərin ekoloji məsuliyyətinin və davamlı inkişafla bağlı düşünmə qabiliyyətlərinin gücləndirilməsinə imkan verir. Nəticə etibarilə, ekoloji problemlərin təhlilinə əsaslanan təlim biologiya təhsilində qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı üçün effektiv və praktik yönümlü pedaqoji yanaşma kimi qiymətləndirilə bilər.

Açar sözlər: biologiya təhsili, ekoloji problemlər, qərarqəbuletmə bacarıqları, ekoloji savadlılıq, probleməsaslı təlim, tənqidi düşünmə, sistemli düşünmə, problem həlli, ekoloji məsuliyyət, davamlı inkişaf.

DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING SKILLS THROUGH THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN BIOLOGY EDUCATION

Irada Mammadova

Azerbaijan State Pedagogical University

Faculty of Chemistry and Biology

Department of Biology and Its Teaching Technology

Senior Lecturer

Baku, Azerbaijan

Abstract

In modern biology education, it is important not only for students to acquire theoretical knowledge but also to develop the ability to analyze real environmental problems, evaluate different alternatives, and make scientifically informed decisions. The present study investigates the pedagogical potential of developing students' decision-making skills through the analysis of environmental problems in biology education. The study employed problem-based and inquiry-based learning approaches, environmental situation-based tasks, group discussions, debates and project activities, graphical and statistical data analysis, observation, and reflective assessment. The findings indicate that the analysis of real and simulated environmental problems creates favorable conditions for developing students' abilities to identify the essence of a problem, establish cause-and-effect relationships, select and evaluate relevant information, propose alternative solutions, compare potential risks and consequences, and justify decisions using scientific evidence. At the same time, the analysis of environmental problems supports the development of students' critical, systems, and creative thinking, as well as their problem-solving, argumentation, and communication skills. The results demonstrate that studying environmental problems in biology lessons through the sequence of "problem identification – data analysis – formulation of alternatives – evaluation – decision-making – reflection" contributes to strengthening students' environmental responsibility and their understanding of sustainable development. Consequently, learning based on the analysis of environmental problems can be considered an effective and practice-oriented pedagogical approach for developing decision-making skills in biology education.

Keywords: biology education, environmental problems, decision-making skills, environmental literacy, problem-based learning, critical thinking, systems thinking, problem-solving, environmental responsibility, sustainable development.

Giriş

Müasir dövrdə qlobal ekoloji dəyişikliklərin sürətlənməsi, təbii ehtiyatların azalması, biomüxtəlifliyin itirilməsi, iqlim dəyişmələri, su və torpaq ehtiyatlarının çirklənməsi, meşələrin deqradasiyası, urbanizasiya və antropogen təzyiqin artması cəmiyyət qarşısında yeni və daha mürəkkəb problemlər formalaşdırır. Bu problemlərin həlli yalnız elmi-texniki imkanların genişləndirilməsi ilə deyil, eyni zamanda ekoloji baxımdan əsaslandırılmış qərarlar qəbul edə bilən, müxtəlif alternativləri müqayisə edən, səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirən və qəbul etdiyi qərarların mümkün nəticələrini əvvəlcədən qiymətləndirən fərdlərin hazırlanmasını tələb edir. Bu baxımdan təhsil sistemi, xüsusilə biologiya təhsili, şagirdlərdə ekoloji savadlılığın formalaşdırılması ilə yanaşı, onların real həyat problemləri qarşısında əsaslandırılmış qərar qəbul etmək bacarıqlarının inkişaf etdirilməsində mühüm vasitə kimi çıxış edir.

Biologiya fənninin məzmunu canlı sistemlərin quruluşu və funksiyalarından tutmuş populyasiya, ekosistem, biosfer və insan–təbiət münasibətlərinə qədər geniş və qarşılıqlı əlaqəli prosesləri əhatə edir. Bu xüsusiyyət biologiya təhsilini ekoloji problemlərin yalnız nəzəri şəkildə öyrənilməsi deyil, həm də onların çoxşaxəli təhlili, mümkün həll yollarının müəyyənləşdirilməsi və alternativ qərarların qiymətləndirilməsi üçün əlverişli pedaqoji mühitə çevirir. Ənənəvi təlim yanaşmalarında ekoloji problemlər haqqında fakt və anlayışların mənimsənilməsi əsas məqsədlərdən biri olduğu halda, müasir biologiya təhsili şagirdin əldə etdiyi bilikləri real və ya modelləşdirilmiş ekoloji situasiyalara tətbiq etməsini, müxtəlif mənbələrdən məlumat toplamasını, məlumatların etibarlılığını qiymətləndirməsini, arqumentlər formalaşdırmasını və əsaslandırılmış qərar verməsini ön plana çəkir.

Ekoloji problemlər öz təbiətinə görə kompleks xarakter daşıyır və onların həlli çox vaxt vahid, sadə və birmənalı cavabla məhdudlaşmır. Məsələn, su hövzəsinin çirklənməsi probleminin həlli zamanı yalnız çirklənmə mənbəyinin

müəyyən edilməsi kifayət etmir. Eyni zamanda çirkləndiricilərin ekosistem komponentlərinə təsiri, canlı müxtəlifliyinə mümkün nəticələri, insan sağlamlığı üçün risklər, iqtisadi fəaliyyətin xüsusiyyətləri, əhalinin sosial ehtiyacları və təklif olunan tədbirlərin uzunmüddətli nəticələri nəzərə alınmalıdır. Belə situasiyalar şagirdlərdən müxtəlif dəyişənlər arasında əlaqə qurmağı, alternativləri müqayisə etməyi, risk və faydaları müəyyənləşdirməyi və sübutlara əsaslanan seçim etməyi tələb edir. Deməli, ekoloji problemlərin təhlili biologiya dərslərində qərarqəbuletmə bacarıqlarının məqsədyönlü inkişafı üçün mühüm didaktik imkan yaradır.

Qərarqəbuletmə bacarığı müasir təhsil nəzəriyyəsində yalnız müəyyən variantlardan birini seçmək kimi məhdudlaşdırılmır. Bu bacarıq problemin düzgün müəyyənləşdirilməsi, mövcud məlumatların toplanması və təhlili, problemin səbəblərinin və nəticələrinin müəyyən edilməsi, mümkün alternativlərin irəli sürülməsi, onların üstün və zəif tərəflərinin müqayisəsi, risklərin qiymətləndirilməsi, ən optimal variantın seçilməsi və qəbul edilmiş qərarın nəticələrinin reflektiv şəkildə qiymətləndirilməsi kimi bir-biri ilə əlaqəli koqnitiv və metakoqnitiv prosesləri özündə birləşdirir. Ekoloji kontekstdə isə bu prosesə ekosistemlərin davamlılığı, biomüxtəlifliyin qorunması, resurslardan səmərəli istifadə, gələcək nəsillərin maraqları və insan fəaliyyətinin ekoloji nəticələri kimi meyarlar da əlavə olunur[1].

Biologiya təhsilində ekoloji problemlər əsasında qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı şagirdlərin elmi düşünmə qabiliyyətinin formalaşdırılması ilə də sıx bağlıdır. Şagird ekoloji situasiyanı təhlil edərkən yalnız mövcud faktları sadalamaqla kifayətlənməməli, həmin faktların problemin həllində hansı əhəmiyyət daşıdığını müəyyənləşdirməlidir. Məsələn, müəyyən ərazidə biomüxtəlifliyin azalması ilə bağlı situasiyanın təhlili zamanı şagird iqlim göstəricilərini, antropogen fəaliyyətin intensivliyini, yaşayış mühitinin parçalanmasını, invaziv növlərin yayılmasını və digər ekoloji amilləri nəzərə alaraq onların qarşılıqlı təsirini izah etməlidir. Bu proses elmi məlumatların şərh edilməsi, hipotezlərin irəli sürülməsi və sübutlarla əsaslandırılması kimi bacarıqları da inkişaf etdirir.

Ekoloji problemlərin tədrisdə probleməsaslı situasiyalar şəklində təqdim olunması şagirdin passiv bilik alıcısından fəal tədqiqatçı və qərar qəbul edən subyektə çevrilməsinə şərait yaradır. Problemin real həyatla əlaqələndirilməsi şagirdlərdə mövzuya marağı artırmaqla yanaşı, onların öyrəndikləri biologiya biliklərinin praktik əhəmiyyətini dərk etməsinə imkan verir. Bu zaman müəllim hazır cavabı təqdim edən əsas informasiya mənbəyi rolundan çıxaraq təlim prosesini istiqamətləndirən, suallar vasitəsilə düşünməni stimullaşdıran və şagirdlərin müxtəlif mövqelərini əsaslandırmasına şərait yaradan fasilitator funksiyasını yerinə yetirir.

Ekoloji problemlərin təhlili prosesində qərarqəbuletmə bacarıqları ilə yanaşı, tənqidi və sistemli düşünmə də inkişaf edir. Ekosistemlərdə hər bir komponentin digər komponentlərlə qarşılıqlı əlaqədə olması səbəbindən bir problemin həllinə yönəlmiş tədbir digər istiqamətdə gözlənilməz nəticə yarada bilər. Məsələn, kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını artırmaq məqsədilə müəyyən kimyəvi maddələrdən istifadənin genişləndirilməsi qısa müddətdə məhsuldarlığın artmasına səbəb olsa da, uzunmüddətli perspektivdə torpaq və su ekosistemlərinin keyfiyyətinə, mikroorqanizmlərin müxtəlifliyinə və qida zəncirlərinə mənfi təsir göstərə bilər. Belə nümunələrin təhlili şagirdləri qərarların yalnız ilkin nəticələrini deyil, həm də dolayı və uzunmüddətli təsirlərini nəzərə almağa istiqamətləndirir.

Bu istiqamətdə xüsusilə real ekoloji problemlərin, situasiya tapşırıqlarının, layihə fəaliyyətinin, tədqiqat işlərinin, debatların, rol oyunlarının, konseptual xəritələrin, məlumatların statistik və qrafik təhlilinin, sahə müşahidələrinin və case-study metodunun tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Belə metodlar şagirdlərə müxtəlif mövqeləri müqayisə etmək, ekoloji məlumatları şərh etmək, alternativ həll yolları təklif etmək və qərarlarını elmi dəlillərlə müdafiə etmək imkanı verir. Xüsusilə qrup şəklində təşkil olunan fəaliyyətlər müxtəlif fikirlərin qarşılaşdırılmasına və kollektiv qərarvermə bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır.

Ekoloji problemlərin təhlili həmçinin şagirdlərdə məsuliyyətli və davamlı davranışın formalaşmasına xidmət edir. Ekoloji baxımdan əsaslandırılmış qərar yalnız problemin texniki həllini nəzərdə tutmur; həmin qərarın sosial, iqtisadi və etik nəticələrinin də nəzərə alınmasını tələb edir. Bu baxımdan biologiya təhsilində qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı ekoloji məsuliyyət, vətəndaş mövqeyi, sosial məsuliyyət və davamlı inkişaf dəyərləri ilə qarşılıqlı əlaqədə nəzərdən keçirilməlidir. Şagirdlər ekoloji problemlərin həllində fərdi davranışların, ictimai təşəbbüslərin və institusional qərarların rolunu müqayisə etməklə öz fəaliyyətlərinin daha geniş ekoloji sistemlərə təsirini dərk edə bilirlər.

Mövzunun aktuallığını şərtləndirən digər mühüm amil ekoloji informasiyanın həcminin sürətlə artmasıdır. Müasir şagird müxtəlif rəqəmsal platformalar, sosial media, elektron resurslar və digər informasiya kanalları vasitəsilə çoxsaylı ekoloji məlumatlarla qarşılaşır. Lakin məlumatın mövcudluğu onun avtomatik olaraq etibarlı və elmi əsaslı olması demək deyil. Buna görə biologiya təhsilində qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı informasiya savadlılığı ilə də

əlaqələndirilməlidir. Şagird müxtəlif mənbələri müqayisə etməli, məlumatın mənbəyini və etibarlılığını qiymətləndirməli, faktla fikri fərqləndirməli və qərarını mötəbər elmi sübutlara əsaslandırmalıdır.

Bu yanaşma müəllimin peşəkar fəaliyyətinə də yeni tələblər irəli sürür. Müəllim ekoloji problemləri seçərkən onların şagirdlərin yaş və idrak səviyyəsinə uyğunluğunu, elmi aktuallığını, regional və qlobal əhəmiyyətini nəzərə almalıdır. Problemlər elə qurulmalıdır ki, şagirdin qarşısında yalnız bir düzgün cavabın olmadığı, müxtəlif alternativlərin mövcud olduğu və hər bir alternativin müəyyən üstünlüklər və məhdudiyyətlər daşıdığı situasiya yaransın. Beləliklə, təlim prosesində əsas diqqət "düzgün cavabı tapmağa" deyil, "düzgün qərarı necə və hansı sübutlara əsaslanaraq qəbul etməyə" yönəldilir.

Azərbaycan təhsil mühitində də biologiya tədrisinin müasir tələblərə uyğun olaraq şagirdlərin yalnız fənn biliklərinin deyil, tətbiqi, tədqiqat, kommunikativ, tənqidi və problem həll etmə bacarıqlarının inkişafına istiqamətləndirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Xüsusilə ölkənin müxtəlif regionlarında müşahidə olunan su ehtiyatlarının qorunması, torpaqların deqradasiyası, biomüxtəlifliyin mühafizəsi, urbanizasiya, məişət tullantılarının idarə olunması və ekosistemlərin antropogen transformasiyası kimi məsələlərin tədris prosesinə daxil edilməsi biologiya biliklərinin real ekoloji kontekstlə əlaqələndirilməsinə imkan yaradır. Regional ekoloji problemlərin təhlili şagirdlərdə həm yerli ekoloji məsuliyyətin, həm də qlobal ekoloji düşüncənin formalaşmasına xidmət edə bilər[2].

Beləliklə, biologiya təhsilində ekoloji problemlərin təhlili yalnız ekoloji biliklərin mənimsənilməsi vasitəsi deyil, eyni zamanda şagirdlərin mürəkkəb problemləri strukturlaşdırmaq, səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirmək, alternativ həll yolları formalaşdırmaq, sübutları qiymətləndirmək, riskləri nəzərə almaq, fərdi və kollektiv qərarlar qəbul etmək və həmin qərarların nəticələrini qiymətləndirmək bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi üçün səmərəli pedaqoji yanaşmadır. Bu yanaşma biologiya təhsilinin nəzəri biliklərin ötürülməsindən daha çox, real həyatda tətbiq edilə bilən kompetensiyaların formalaşdırılmasına yönəlməsini təmin edir.

Tədqiqatın əsas aktuallığı da məhz bu məqamla müəyyən olunur: sürətlə dəyişən ekoloji və sosial şəraitdə gələcək nəsillərin yalnız ekoloji problemləri tanıması deyil, həmin problemlərin həlli ilə bağlı elmi əsaslandırılmış, məsuliyyətli və davamlı qərarlar qəbul edə bilməsi zəruridir. Buna görə biologiya dərslərində ekoloji problemlərin sistemli təhlilinə əsaslanan təlim strategiyalarının tətbiqi və onların şagirdlərin qərarqəbuletmə bacarıqlarına təsirinin araşdırılması həm nəzəri, həm də praktik baxımdan mühüm istiqamət kimi qiymətləndirilə bilər. Bu istiqamətdə təşkil olunan təlim şagirdlərin biologiya üzrə elmi biliklərini praktik situasiyalarda tətbiq etməsinə, ekoloji məsələlərə müxtəlif perspektivlərdən yanaşmasına və cəmiyyətin qarşılaşdığı mürəkkəb ekoloji çağırışlar qarşısında əsaslandırılmış mövqe formalaşdırmasına imkan yaradır.

Material və metodlar

Tədqiqatın metodoloji əsasını biologiya təhsilində ekoloji problemlərin təhlili yolu ilə şagirdlərin qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsinə yönəlmiş probleməsaslı, tədqiqatəsaslı və kompetensiyayönümlü təlim yanaşmaları təşkil etmişdir. Tədqiqatın hazırlanması zamanı ekoloji problemlərin biologiya fənninin məzmunu ilə inteqrasiyası, şagirdlərin ekoloji məlumatları təhlil etməsi, səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirməsi, alternativ həll yolları irəli sürməsi və həmin alternativlər arasında əsaslandırılmış seçim etməsi əsas metodoloji istiqamət kimi qəbul edilmişdir.

Tədqiqatda biologiya təhsilində qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişaf səviyyəsini müəyyənləşdirmək məqsədilə müşahidə, problem situasiyalarının təhlili, situasiya tapşırıqları, müqayisəli təhlil, qrup müzakirələri, debat, layihə fəaliyyəti, sorğu və reflektiv qiymətləndirmə metodlarından kompleks şəkildə istifadə edilmişdir. Bu metodların seçilməsi onunla əlaqədardır ki, qərarqəbuletmə yalnız nəzəri biliklərin mənimsənilməsi ilə formalaşmır; şagirdin real və ya modelləşdirilmiş problem qarşısında müstəqil düşünməsi, müxtəlif məlumatları müqayisə etməsi və qəbul etdiyi qərarı əsaslandırması tələb olunur.

Tədqiqat materiallarının əsasını biologiya proqramında ekoloji məzmunlu mövzular üzrə hazırlanmış problem situasiyaları təşkil etmişdir. Situasiyaların hazırlanmasında ekosistemlərin davamlılığı, biomüxtəlifliyin qorunması, su və torpaq ehtiyatlarının çirklənməsi, meşələrin deqradasiyası, məişət tullantılarının idarə olunması, urbanizasiya, yaşayış mühitlərinin parçalanması, təbii ehtiyatlardan səmərəsiz istifadə və antropogen fəaliyyətin ekosistemlərə təsiri kimi aktual ekoloji problemlərdən istifadə edilmişdir. Seçilmiş problemlər şagirdlərin yaş və idrak xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılmış, onların elmi məzmunu qorunmaqla gündəlik həyatla əlaqələndirilmişdir.

Tədqiqat prosesində şagirdlərə əvvəlcə konkret ekoloji problem təqdim edilmiş və problemin əsas mahiyyətini müəyyənləşdirmələri tələb olunmuşdur. Sonrakı mərhələdə problemin yaranma səbəblərinin, ekosistem komponentlərinə təsirinin və mümkün nəticələrinin müəyyənləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Şagirdlər fərdi və qrup şəklində fəaliyyət göstərərək mövcud məlumatları təhlil etmiş, səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirmiş və problemin həlli üçün müxtəlif alternativlər irəli sürmüşlər. Hər bir alternativin ekoloji, sosial və praktik baxımdan üstün və zəif tərəfləri müzakirə edilmişdir.

Qərarqəbuletmə bacarıqlarının qiymətləndirilməsi üçün bir neçə əsas meyar müəyyən edilmişdir. Bunlara problemin düzgün müəyyənləşdirilməsi, relevant məlumatların seçilməsi, məlumatların elmi baxımdan təhlili, səbəb-nəticə əlaqələrinin qurulması, alternativ həll yollarının irəli sürülməsi, alternativlərin müqayisəsi, risk və mümkün nəticələrin qiymətləndirilməsi, qərarın sübutlarla əsaslandırılması və qəbul edilmiş qərarın nəticələrinin reflektiv şəkildə qiymətləndirilməsi daxil edilmişdir. Bu meyarlar əsasında şagird fəaliyyətinin müxtəlif səviyyələrini müəyyənləşdirmək üçün qiymətləndirmə meyarlarından və rubriklərdən istifadə olunmuşdur.

Problemlərin təhlili zamanı şagirdlərin yalnız bir həll yolunu təkrarlaması deyil, müxtəlif alternativlər formalaşdırması xüsusi diqqətdə saxlanılmışdır. Məsələn, su hövzəsinin məişət və sənaye tullantıları ilə çirklənməsi ilə bağlı situasiyada şagirdlər çirklənmənin mənbələrini müəyyənləşdirmiş, onun su orqanizmlərinə və qida zəncirinə təsirlərini təhlil etmiş, çirklənmənin qarşısının alınması üçün müxtəlif tədbirlər təklif etmişlər. Daha sonra təklif olunan tədbirlər səmərəlilik, ekoloji təhlükəsizlik, həyata keçirilə bilmə və uzunmüddətli təsir meyarları əsasında müqayisə edilmişdir. Bu proses şagirdlərin qərarın yalnız nəticəsinə deyil, qərara aparan düşünmə prosesinə də diqqət yetirməsinə imkan yaratmışdır.

Tədqiqatda qrup işindən də geniş istifadə edilmişdir. Şagirdlər kiçik qruplara bölünərək eyni ekoloji problemə müxtəlif perspektivlərdən yanaşmışlar. Qruplardan biri ekoloji nəticələri, digəri sosial və iqtisadi aspektləri, başqa bir qrup isə mümkün həll yollarının praktik tətbiqini təhlil etmişdir. Daha sonra qrupların nəticələri təqdim edilmiş və ümumi müzakirə aparılmışdır. Belə yanaşma müxtəlif mövqelərin qarşılaşdırılmasına, arqumentlərin qiymətləndirilməsinə və kollektiv qərar qəbul edilməsinə şərait yaratmışdır.

Tədqiqat metodikasında debat və argumentativ müzakirələr də mühüm yer tutmuşdur. Şagirdlərə ekoloji problemlərlə bağlı alternativ mövqelər təqdim edilmiş və onların müəyyən mövqeni fakt və elmi dəlillərlə müdafiə etmələri tələb olunmuşdur. Bu zaman qərarın əsaslandırılması zamanı istifadə olunan arqumentlərin məntiqi ardıcıllığı, faktlara uyğunluğu və qarşı arqumentlərə münasibət nəzərə alınmışdır. Belə fəaliyyət qərarqəbuletmə bacarığını tənqidi düşünmə, elmi kommunikasiya və arqumentasiya bacarıqları ilə əlaqələndirməyə imkan vermişdir.

Tədqiqat prosesində layihə metodundan da istifadə edilmişdir. Şagirdlər seçilmiş ekoloji problemin həlli ilə bağlı kiçik layihələr hazırlamış, problemin mövcud vəziyyətini təsvir etmiş, onun əsas səbəblərini müəyyənləşdirmiş, həll strategiyaları təklif etmiş və gözlənilən nəticələri proqnozlaşdırmışlar. Layihə işlərinin qiymətləndirilməsi zamanı problemin aktuallığı, elmi əsaslandırılması, təklif olunan həll yolunun reallığı, ekoloji səmərəliliyi və nəticələrin qiymətləndirilməsi kimi göstəricilər nəzərə alınmışdır.

Şagirdlərin qərarqəbuletmə prosesində məlumatlardan istifadə bacarığını müəyyənləşdirmək məqsədilə cədvəl, diaqram, qrafik, xəritə, statistik göstəricilər və qısa elmi mətnlərdən ibarət materiallar təqdim edilmişdir. Şagirdlərdən bu məlumatları şərh etmək, əsas göstəriciləri müəyyənləşdirmək və əldə olunan nəticələr əsasında qərar vermək tələb olunmuşdur. Bu metod onların yalnız hazır informasiyanı mənimsəməsini deyil, məlumatdan qərarvermə prosesində sübut kimi istifadə etməsini təmin etmişdir.

Tədqiqatın qiymətləndirmə mərhələsində şagirdlərin ilkin və sonrakı fəaliyyət göstəricilərinin müqayisəsinə əsaslanan yanaşmadan istifadə edilmişdir. Təlim fəaliyyətlərinin əvvəlində şagirdlərə ekoloji problem üzrə situasiya tapşırıqları təqdim olunmuş və onların qərarvermə yanaşmaları müəyyən edilmişdir. Təlim mərhələlərindən sonra analoji məzmunlu, lakin fərqli kontekstdə hazırlanmış situasiya tapşırıqları tətbiq edilmişdir. İlkin və yekun nəticələrin müqayisəsi əsasında problem həlli, alternativlərin qiymətləndirilməsi, sübutlardan istifadə və qərarın əsaslandırılması bacarıqlarında baş verən dəyişikliklər müəyyənləşdirilmişdir.

Şagirdlərin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsində keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərinin birlikdə nəzərə alınması məqsədəuyğun hesab edilmişdir. Kəmiyyət göstəriciləri üzrə tapşırıqların yerinə yetirilmə səviyyəsi, düzgün müəyyənləşdirilmiş səbəb-nəticə əlaqələrinin sayı, irəli sürülən alternativlərin keyfiyyəti və əsaslandırılmış qərarların payı nəzərə alınmışdır. Keyfiyyət göstəricilərinə isə şagirdlərin düşünmə ardıcıllığı, arqumentlərin elmi əsaslandırılması, alternativ yanaşmalara münasibəti və qərarlarının ekoloji nəticələrini proqnozlaşdırmaq bacarığı daxil edilmişdir.

Tədqiqat zamanı müəllim müşahidəsi də mühüm məlumat toplama vasitəsi kimi tətbiq edilmişdir. Müşahidə prosesində şagirdlərin problemə yanaşması, qrup müzakirələrində fəallığı, məlumatları müqayisə etməsi, fərqli fikirlərə münasibəti, qərar qəbul edərkən hansı meyarlardan istifadə etməsi və qəbul etdiyi qərarı nə dərəcədə əsaslandıra bilməsi qeydə alınmışdır. Bu müşahidələr situasiya tapşırıqları və layihə fəaliyyətindən əldə olunan nəticələrin daha geniş kontekstdə şərh edilməsinə imkan vermişdir.

Beləliklə, tətbiq edilmiş material və metodlar biologiya təhsilində ekoloji problemlərin sadəcə öyrənilməsi deyil, onların əsasında şagirdlərin analitik, tənqidi, sistemli və qərarqəbuletmə bacarıqlarının kompleks şəkildə inkişaf etdirilməsinə yönəldilmişdir. Metodoloji yanaşmanın əsasını "problemin müəyyənləşdirilməsi – məlumatların toplanması və təhlili – səbəb-nəticə əlaqələrinin qurulması – alternativlərin formalaşdırılması – alternativlərin qiymətləndirilməsi – qərarın seçilməsi – qərarın əsaslandırılması – nəticələrin refleksiyası" ardıcıllığı təşkil etmişdir. Bu ardıcıllıq ekoloji problemlərin tədrisində şagirdlərin fəal idrak fəaliyyətini təmin etməklə yanaşı, biologiya biliklərinin real həyat situasiyalarında tətbiqinə və elmi əsaslandırılmış qərarların qəbul edilməsinə şərait yaratmışdır.

Nəticələr və müzakirə

Tədqiqatın nəticələri göstərmişdir ki, biologiya dərslərində ekoloji problemlərin sistemli və probleməsaslı şəkildə təhlilinə yönəlmiş təlim fəaliyyəti şagirdlərin qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı üçün səmərəli didaktik imkanlar yaradır. Xüsusilə real həyatla əlaqəli ekoloji situasiyaların, problem tapşırıqlarının, qrup müzakirələrinin, debatların və layihə fəaliyyətinin tətbiqi şagirdlərin hazır məlumatı mənimsəməsindən daha çox, həmin məlumatı təhlil etməsinə, müxtəlif alternativləri müqayisə etməsinə və əsaslandırılmış qərar formalaşdırmasına şərait yaratmışdır.

Təlim prosesində ən nəzərəçarpan dəyişikliklərdən biri şagirdlərin ekoloji problemin mahiyyətini müəyyənləşdirmə və problemi strukturlaşdırma bacarıqlarında müşahidə edilmişdir. İlkin mərhələdə şagirdlərin bir qismi ekoloji problemi əsasən onun zahiri nəticəsi ilə əlaqələndirmiş, problemin yaranmasına səbəb olan amilləri isə məhdud şəkildə nəzərə almışdır. Ekoloji situasiyaların mərhələli təhlilindən sonra isə şagirdlərin problemin səbəblərini, birbaşa və dolayı nəticələrini, ekosistemin müxtəlif komponentləri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri daha sistemli şəkildə müəyyənləşdirdikləri müşahidə olunmuşdur. Bu nəticə göstərir ki, ekoloji problemlərin tədrisi yalnız ekoloji anlayışların mənimsənilməsinə deyil, sistemli düşünmənin inkişafına da xidmət edir.

Şagirdlərin səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirmək bacarığında da müsbət inkişaf müşahidə edilmişdir. Məsələn, su və torpaq çirklənməsi, biomüxtəlifliyin azalması və yaşayış mühitlərinin parçalanması ilə bağlı tapşırıqlar zamanı şagirdlər problemin yalnız bir səbəblə izah edilməsinin kifayət etmədiyini dərk etmişlər. Onlar antropogen fəaliyyət, təbii amillər, iqtisadi fəaliyyət və ekosistem xüsusiyyətləri arasında qarşılıqlı əlaqələri nəzərə almağa başlamışlar. Belə yanaşma ekoloji hadisələrin xətti deyil, çoxsəviyyəli və dinamik sistem kimi qavranılmasına imkan vermişdir.

Tədqiqatın mühüm nəticələrindən biri şagirdlərin alternativ həll yolları irəli sürmək bacarığının inkişaf etməsidir. Problem situasiyalarının əvvəlcədən müəyyən edilmiş tək cavab üzərində qurulmaması şagirdləri müxtəlif həll variantları düşünməyə sövq etmişdir. Şagirdlər ekoloji problemin həlli üçün yalnız bir tədbir təklif etməklə kifayətlənməmiş, müxtəlif alternativlərin mümkün nəticələrini müqayisə etmişlər. Bu zaman alternativlərin ekoloji səmərəliliyi, həyata keçirilə bilməsi, mümkün riskləri və uzunmüddətli təsirləri nəzərə alınmışdır. Nəticədə qərarqəbuletmə prosesi sadə seçimdən çoxmeyarlı qiymətləndirmə prosesinə çevrilmişdir[3].

Xüsusilə qrup müzakirələri zamanı şagirdlərin müxtəlif mövqeləri dinləmək və öz mövqelərini yenidən nəzərdən keçirmək bacarıqlarında inkişaf müşahidə edilmişdir. Eyni ekoloji problemin müxtəlif aspektlərdən təhlil edilməsi şagirdlərə ekoloji, sosial və iqtisadi maraqlar arasında mümkün ziddiyyətləri görməyə imkan vermişdir. Məsələn, təbii ərazidən iqtisadi məqsədlərlə istifadə ilə həmin ərazinin biomüxtəlifliyinin qorunması arasında seçim tələb edən situasiyalarda şagirdlər problemin yalnız bir tərəfini deyil, müxtəlif maraq qruplarının mövqelərini nəzərə almağa başlamışlar.

Debat və argumentativ müzakirələr nəticəsində qərarların əsaslandırılması bacarığında da nəzərəçarpan inkişaf əldə edilmişdir. Şagirdlər əvvəlki mərhələlərdə öz fikirlərini daha çox şəxsi münasibət və ümumi mülahizələrlə əsaslandırdıqları halda, təlim prosesində onların elmi faktlardan, statistik məlumatlardan, qrafiklərdən və digər sübutlardan istifadə etməyə üstünlük verdikləri müşahidə edilmişdir. Bu dəyişiklik qərarqəbuletmə bacarığının elmi düşünmə və argumentasiya ilə sıx əlaqədə olduğunu göstərir.

Məlumatların təhlili üzrə tapşırıqlar şagirdlərin qərar qəbul edərkən sübutlardan istifadə etmə bacarığının inkişafına xüsusi təsir göstərmişdir. Cədvəl, diaqram, qrafik və statistik göstəricilərin təqdim edilməsi şagirdləri yalnız məlumatı oxumağa deyil, həmin məlumatın problemin həlli baxımından əhəmiyyətini müəyyənləşdirməyə istiqamətləndirmişdir. Bu proses informasiya savadlılığının inkişafı baxımından da əhəmiyyətlidir. Şagird qərar qəbul etməzdən əvvəl hansı məlumatın relevant olduğunu müəyyənləşdirməli və həmin məlumatı qərarının əsaslandırılması üçün istifadə etməlidir.

Ekoloji problemlərin təhlilində layihə fəaliyyətinin tətbiqi də müsbət nəticələr vermişdir. Layihələr zamanı şagirdlər problemin müəyyənləşdirilməsi, məlumatların toplanması, səbəblərin araşdırılması, həll variantlarının hazırlanması və gözlənilən nəticələrin proqnozlaşdırılması mərhələlərini ardıcıl şəkildə həyata keçirmişlər. Bu fəaliyyət qərarqəbuletmə prosesinin praktik xarakterini gücləndirmiş və şagirdlərdə məsuliyyət hissinin formalaşmasına şərait yaratmışdır. Şagirdlər qəbul etdikləri qərarın yalnız nəzəri nəticəsini deyil, onun real ekoloji mühitdə yarada biləcəyi dəyişiklikləri də nəzərə almağa başlamışlar.

Tədqiqat zamanı müşahidə edilmiş digər mühüm nəticə şagirdlərin qərarların qısamüddətli və uzunmüddətli nəticələrini fərqləndirmək bacarığının inkişaf etməsidir. Ekoloji problemlər çox vaxt gecikmiş və dolayı nəticələrə malik olduğundan bu bacarıq xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Məsələn, təbii resurslardan intensiv istifadənin ilkin mərhələdə iqtisadi fayda yaratmasına baxmayaraq, uzunmüddətli dövrdə ekosistemin davamlılığına mənfi təsir göstərə biləcəyi müzakirə edilmişdir. Bu tip situasiyalar şagirdlərdə gələcək nəticələri proqnozlaşdırmaq və qərarın davamlılıq meyarlarına uyğunluğunu qiymətləndirmək bacarığını gücləndirmişdir.

Nəticələr göstərmişdir ki, qərarqəbuletmə bacarığının inkişafında yalnız ekoloji biliklərin səviyyəsi deyil, həmin biliklərin praktik situasiyalarda tətbiq edilməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Şagird ekosistem, biomüxtəliflik, qida zənciri, antropogen təsir və ekoloji tarazlıq kimi anlayışları nəzəri olaraq bilməklə yanaşı, bu anlayışlardan real problem qarşısında istifadə etməyi bacarmalıdır. Buna görə ekoloji məzmunlu təlimdə “bilik–təhlil–qiymətləndirmə–qərar–refleksiya” ardıcıllığının qorunması səmərəli nəticələrin əldə olunması baxımından əhəmiyyətlidir[4].

Tədqiqatın nəticələri həmçinin göstərir ki, qərarqəbuletmə bacarığının formalaşdırılması birdəfəlik fəaliyyətlə deyil, sistemli və ardıcıl pedaqoji proseslə təmin olunur. Ayrı-ayrı ekoloji mövzuların müzakirəsində qərarvermə elementlərindən istifadə müəyyən nəticələr yaratsa da, bu bacarığın davamlı inkişafı üçün müxtəlif mövzular üzrə ardıcıl problem situasiyalarının tətbiqi, şagird fəaliyyətinin mütəmadi qiymətləndirilməsi və refleksiya mərhələsinin təşkil edilməsi vacibdir.

Müzakirə baxımından əldə olunan nəticələr biologiya təhsilində ekoloji problemlərin sadəcə informasiya xarakterli mövzu kimi deyil, yüksək səviyyəli idrak fəaliyyətinin inkişaf etdirilməsi üçün didaktik vasitə kimi nəzərdən keçirilməsinin zəruriliyini göstərir. Ekoloji problemlərin kompleks xarakteri şagirdlərdən müxtəlif bilik sahələrini əlaqələndirməyi, qeyri-müəyyənlik şəraitində seçim etməyi və qərarın mümkün nəticələrini qiymətləndirməyi tələb edir. Bu isə biologiya fənninin tənqidi düşünmə, problem həll etmə, elmi argumentasiya və qərarqəbuletmə kimi ümumi təhsil kompetensiyalarının inkişafında mühüm rolunu nümayiş etdirir.

Digər tərəfdən, ekoloji problemlərin təhlili şagirdlərdə yalnız koqnitiv deyil, həm də sosial və etik kompetensiyaların inkişafına imkan yaradır. Təbii ehtiyatlardan istifadə, biomüxtəlifliyin qorunması və ekosistemlərin mühafizəsi ilə bağlı qərarlar çox vaxt müxtəlif sosial maraqların balanslaşdırılmasını tələb edir. Bu səbəbdən şagirdlər ekoloji qərarın yalnız “faydalı” və ya “zərərli” olması baxımından deyil, həm də kimə, nə zaman və hansı miqyasda təsir göstərə biləcəyi baxımından qiymətləndirmə aparmağa istiqamətləndirilməlidir.

Müəllimin fasilitator rolunun nəticələrə əhəmiyyətli təsir göstərdiyi müəyyən edilmişdir. Müəllimin hazır cavabı təqdim etmək əvəzinə istiqamətləndirici suallar verməsi, şagirdləri alternativ fikirlər irəli sürməyə həvəsləndirməsi və onların qərarlarını əsaslandırmasını tələb etməsi müstəqil düşünmə mühitinin formalaşmasına şərait yaratmışdır. Bu baxımdan müəllimin əsas funksiyası yalnız ekoloji biliklərin ötürülməsi deyil, şagirdin həmin biliklərdən qərar qəbul etmə vasitəsi kimi istifadə etməsinə şərait yaratmaqdır.

Ümumilikdə, nəticələr göstərir ki, ekoloji problemlərin təhlilinə əsaslanan biologiya təlimi şagirdlərin problemin müəyyənləşdirilməsi, məlumatların seçilməsi və təhlili, səbəb-nəticə əlaqələrinin qurulması, alternativlərin formalaşdırılması, risklərin qiymətləndirilməsi, qərarın əsaslandırılması və nəticələrin refleksiyası kimi qərarqəbuletmə komponentlərinin inkişafına əlverişli şərait yaradır. Bu nəticələr biologiya təhsilində ekoloji məzmunun praktik, probleməsaslı və kompetensiyayönümlü şəkildə təşkil edilməsinin vacibliyini təsdiqləyir.

Beləliklə, ekoloji problemlərin təhlili vasitəsilə qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı biologiya təhsilinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi, şagirdlərin elmi və tənqidi düşünmə imkanlarının genişləndirilməsi və onların real ekoloji problemlər qarşısında məsuliyyətli mövqe formalaşdırması baxımından əhəmiyyətli pedaqoji istiqamət kimi qiymətləndirilə bilər. Təlim prosesində real problemlərin seçilməsi, sübutlara əsaslanan təhlilin təşkili, alternativlərin müqayisəsi, kollektiv müzakirə və refleksiyanın sistemli şəkildə tətbiqi şagirdlərin yalnız "nə baş verir?" sualına deyil, həm də "nə etmək lazımdır?", "hansı qərar daha əsaslandırılmışdır?" və "bu qərarın nəticələri nə olacaq?" suallarına cavab verməsinə imkan yaradır.

Nəticə

Aparılmış tədqiqatın nəticələri göstərir ki, biologiya təhsilində ekoloji problemlərin sistemli və probleməsaslı təhlili şagirdlərin qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi üçün səmərəli pedaqoji vasitədir. Ekoloji problemlərin real həyat situasiyaları ilə əlaqələndirilməsi şagirdlərə biologiya üzrə nəzəri biliklərini praktik şəraitdə tətbiq etməyə, mövcud problemlərin səbəb və nəticələrini müəyyənləşdirməyə, müxtəlif həll yollarını müqayisə etməyə və elmi sübutlara əsaslanan qərarlar qəbul etməyə imkan verir.

Tədqiqat zamanı müəyyən edilmişdir ki, ekoloji məzmunlu problem situasiyalarının, qrup müzakirələrinin, debatların, layihə fəaliyyətinin və məlumatların təhlilinə əsaslanan tapşırıqların sistemli tətbiqi şagirdlərin bir sıra mühüm bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır. Bu bacarıqlara problemin düzgün müəyyənləşdirilməsi, səbəb-nəticə əlaqələrinin qurulması, relevant məlumatların seçilməsi və qiymətləndirilməsi, alternativ həll yollarının irəli sürülməsi, risklərin və mümkün nəticələrin təhlili, qərarın elmi arqumentlərlə əsaslandırılması və qəbul edilmiş qərarın nəticələrinin reflektiv qiymətləndirilməsi daxildir.

Ekoloji problemlərin kompleks xarakteri şagirdlərin yalnız biologiya biliklərindən deyil, həm də tənqidi, sistemli və yaradıcı düşünmə bacarıqlarından istifadə etməsini tələb edir. Bu baxımdan ekoloji problemlərin təhlili şagirdlərin müxtəlif amillər arasında qarşılıqlı əlaqələri görməsinə, problemin qısamüddətli və uzunmüddətli nəticələrini proqnozlaşdırmasına və qərarların ekoloji, sosial və iqtisadi aspektlərini birlikdə qiymətləndirməsinə imkan yaradır. Belə yanaşma qərarqəbuletməni sadə seçim prosesindən çıxararaq çoxmeyarlı və sübutlara əsaslanan idrak fəaliyyətinə çevirir.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, biologiya dərslərində qərarqəbuletmə bacarıqlarının inkişafı üçün müəllimin rolu da xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Müəllimin hazır cavab təqdim etmək əvəzinə problem situasiyası yaratması, istiqamətləndirici suallar vasitəsilə şagirdlərin müstəqil düşünməsini stimullaşdırması, müxtəlif mövqelərin müzakirəsinə şərait yaratması və qərarların əsaslandırılmasını tələb etməsi təlimin səmərəliliyini artırır. Bu baxımdan müəllim daha çox fasilitator və təlim prosesinin təşkilatçısı funksiyasını yerinə yetirməlidir.

Ekoloji problemlərin tədris prosesinə daxil edilməsi şagirdlərin yalnız fənn üzrə akademik nailiyyətlərinə deyil, onların ekoloji məsuliyyət və davamlı inkişaf haqqında düşüncələrinin formalaşmasına da müsbət təsir göstərə bilər. Şagirdlər təbii ehtiyatlardan istifadə, biomüxtəlifliyin qorunması, tullantıların idarə olunması, su və torpaq ehtiyatlarının mühafizəsi kimi məsələləri təhlil etdikcə fərdi və kollektiv qərarların ekosistemlərə və cəmiyyətə təsirini daha dərindən dərk edirlər.

Beləliklə, biologiya təhsilində ekoloji problemlərin təhlilinə əsaslanan təlim modeli şagirdlərin "problemi tanımaq" səviyyəsindən "problemi təhlil etmək, alternativləri qiymətləndirmək və əsaslandırılmış qərar qəbul etmək" səviyyəsinə keçidini təmin edən perspektivli pedaqoji yanaşma kimi qiymətləndirilə bilər. Bu yanaşmanın sistemli tətbiqi şagirdlərin elmi savadlılığının, tənqidi və sistemli düşünməsinin, problem həll etmə və argumentasiya bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır.

Nəticə olaraq, müasir biologiya təhsilində ekoloji problemlərin yalnız nəzəri bilik obyekti kimi deyil, qərarqəbuletmə bacarıqlarının formalaşdırılması üçün praktik və didaktik resurs kimi nəzərdən keçirilməsi məqsədəuyğundur. Təlim prosesində "problemin müəyyənləşdirilməsi – məlumatların təhlili – alternativlərin formalaşdırılması – nəticələrin qiymətləndirilməsi – qərarın qəbul edilməsi – refleksiya" ardıcıllığının tətbiqi şagirdlərin real ekoloji problemlər qarşısında daha məsuliyyətli, elmi əsaslandırılmış və davamlı qərarlar qəbul etməsinə zəmin yaradır. Bu isə biologiya təhsilinin müasir kompetensiyayönümlü və həyatla əlaqəli xarakterinin gücləndirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

İSTİNADLAR

1. Dalyot, K., & Baram-Tsabari, A. (2023). Justifying decision making in socio-scientific issues: The roles of reasoning and knowledge. *International Journal of Science Education, Part B*, 15(1), 21–41.

2. Jafari, M., & Meisert, A. (2022/2023). Potential of group-based negotiation to promote learner-based reasoning and weighting of arguments on socioscientific issues. *Research in Science Education, 53*, 377–403.

3. Jackson, W. M., Binding, M. K., Grindstaff, K., Hariani, M., & Koo, B. W. (2023). Addressing sustainability in the high school biology classroom through socioscientific issues. *Sustainability, 15*(7), 5766.

4. Van der Leij, T., Goedhart, M., Avraamidou, L., & Wals, A. (2023/2024). Designing a module for supporting secondary biology students' morality through socioscientific issues in the human-nature context. *Journal of Biological Education, 58*(5), 1186–1203.

5. activity class using environmental books on elementary school students' ecological sensitivity and environmental literacy. *Biology Education, 50*(3), 358–367.

BİOLOGİYA DƏRSLƏRİNDƏ ELMİ MƏLUMATLARIN QEYRİ-MÜƏYYƏNLİYİ İLƏ İŞLƏMƏ BACARIQLARININ İNKİŞAFI

İradə Məmmədova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Kimya və biologiya fakültəsi

Biologiya və onun tədrisi texnologiyası kafedrası

baş müəllim

Azərbaycan, Bakı

Xülasə

Müasir biologiya təhsilində şagirdlərin yalnız bioloji fakt və anlayışları mənimsəməsi deyil, həm də elmi məlumatların etibarlılığını, məhdudiyyətlərini və qeyri-müəyyənlik səviyyəsini qiymətləndirməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Təqdim olunan tədqiqatda biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsinin pedaqoji imkanları araşdırılmışdır. Tədqiqat çərçivəsində probleməsaslı və tədqiqatəsaslı təlim yanaşmalarından, elmi mətnlərin, statistik məlumatların, qrafik və diaqramların təhlilindən, problem situasiyalarından, qrup müzakirələrindən, debat və reflektiv fəaliyyətlərdən istifadə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə sistemli işləmək şagirdlərin məlumat mənbələrini qiymətləndirmək, qeyri-müəyyənliyin səbəblərini müəyyənləşdirmək, müxtəlif elmi nəticələri müqayisə etmək, sübutların etibarlılıq səviyyəsini təhlil etmək və alternativ izahları nəzərdən keçirmək bacarıqlarını inkişaf etdirir. Eyni zamanda, şagirdlərin qrafik və statistik məlumatları interpretasiya etmək, sübutlarla nəticə arasında əlaqə yaratmaq və mövcud məlumatların imkan verdiyi çərçivədə əsaslandırılmış elmi nəticələr çıxarmaq bacarıqlarında müsbət dəyişiklik müşahidə edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, elmi qeyri-müəyyənliyin təlim prosesinə daxil edilməsi şagirdlərdə elmi biliklərin dinamik və inkişaf edən xarakteri haqqında daha düzgün təsəvvür formalaşdırır, tənqidi və sistemli düşünməni, elmi argumentasiyanı və metakoqnitiv bacarıqları gücləndirir. Nəticə etibarilə, elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləməyə yönəlmiş təlim strategiyalarının biologiya dərslərində sistemli tətbiqi şagirdlərin elmi savadlılığının inkişaf etdirilməsi və müasir informasiya mühitində elmi məlumatları müstəqil və əsaslandırılmış şəkildə qiymətləndirmək bacarığının formalaşdırılması üçün səmərəli pedaqoji vasitə hesab edilə bilər.

Açar sözlər: biologiya təhsili, elmi məlumatlar, elmi qeyri-müəyyənlik, elmi savadlılıq, tənqidi düşünmə, elmi düşünmə, sübutların qiymətləndirilməsi, məlumat savadlılığı, statistik məlumatların təhlili, probleməsaslı təlim, tədqiqatəsaslı təlim, metakoqnitiv bacarıqlar.

DEVELOPMENT OF SKILLS FOR WORKING WITH SCIENTIFIC DATA UNCERTAINTY IN BIOLOGY LESSONS

Irada Mammadova

Azerbaijan State Pedagogical University

Faculty of Chemistry and Biology

Department of Biology and Its Teaching Technology

Senior Lecturer

Baku, Azerbaijan

Abstract

In modern biology education, it is important not only for students to acquire biological facts and concepts but also to develop the ability to evaluate the reliability, limitations, and degree of uncertainty of scientific information. The present study investigates the pedagogical potential of developing students' skills in working with uncertainty in scientific information during biology lessons. The study employed problem-based and inquiry-based learning approaches, analysis of scientific texts, statistical data, graphs and diagrams, problem situations, group discussions, debates, and reflective activities. The findings indicate that systematic work with uncertainty in scientific information contributes to the development of students' abilities to evaluate information sources, identify the causes of uncertainty, compare different scientific findings, assess the reliability of evidence, and consider alternative explanations. At the same time, positive changes were observed in students' abilities to interpret graphical and statistical information, establish connections between evidence and conclusions, and draw scientifically justified conclusions within the limits of the available data. The results demonstrate that incorporating scientific uncertainty into the learning process helps students develop a more accurate understanding of the dynamic and evolving nature of scientific knowledge, while strengthening critical and systems thinking, scientific argumentation, and metacognitive skills. Consequently, the systematic application of instructional strategies focused on working with uncertainty in scientific information can be considered an effective pedagogical tool for developing students' scientific literacy and their ability to independently and critically evaluate scientific information in the modern information environment.

Keywords: biology education, scientific information, scientific uncertainty, scientific literacy, critical thinking, scientific reasoning, evidence evaluation, information literacy, statistical data analysis, problem-based learning, inquiry-based learning, metacognitive skills.

Giriş

Müasir elmi biliklərin sürətlə inkişaf etdiyi və yeni məlumatların intensiv şəkildə meydana gəldiyi bir şəraitdə biologiya təhsilinin əsas məqsədlərindən biri şagirdlərə yalnız hazır elmi faktları və nəzəri müddəaları mənimsətmək deyil, həm də elmi məlumatların xarakterini, məhdudiyyətlərini, dəyişkənliyini və qeyri-müəyyənlik səviyyəsini düzgün qiymətləndirmək bacarığı qazandırmaqdır. Bioloji sistemlərin mürəkkəbliyi, canlı orqanizmlərin fərdi və populyasiya səviyyəsində dəyişkənliyi, ekosistemlərdə çoxsaylı qarşılıqlı əlaqələrin mövcudluğu və elmi tədqiqatların müxtəlif metodoloji yanaşmalara əsaslanması biologiyada əldə olunan nəticələrin müəyyən dərəcədə qeyri-müəyyənlik daşımasına səbəb olur. Bu baxımdan biologiya dərslərində şagirdlərin qeyri-müəyyən elmi məlumatlarla işləmək, mövcud sübutları qiymətləndirmək, nəticələrin etibarlılıq dərəcəsini müəyyənləşdirmək və məlumat çatışmazlığı şəraitində əsaslandırılmış nəticələr çıxarmaq bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi müasir təhsilin mühüm istiqamətlərindən birini təşkil edir.

Elmi qeyri-müəyyənlik elmi biliklərin etibarsız və ya təsadüfi olması anlamına gəlmir. Əksinə, elmi prosesin mühüm xüsusiyyətlərindən biri əldə edilən nəticələrin mövcud sübutlar əsasında müəyyən ehtimal və inam səviyyəsi ilə ifadə edilməsidir. Biologiyada eksperimental nəticələrin dəyişkənliyi, ölçmə xətaları, nümunə həcminin məhdudluğu, tədqiqat şəraitinin fərqliliyi, canlı sistemlərin individual xüsusiyyətləri və mürəkkəb qarşılıqlı təsirlər nəticələrin müəyyən qeyri-müəyyənliklə müşayiət olunmasına səbəb ola bilər. Buna görə şagirdlərin elmi məlumatları mütləq və dəyişməz həqiqət

kimi qəbul etməsi əvəzinə, onların hansı sübutlara əsaslandığını, nə dərəcədə etibarlı olduğunu və yeni məlumatlar əldə edildikdə necə dəyişə biləcəyini anlaması xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Biologiya fənninin məzmunu elmi qeyri-müəyyənliyin öyrənilməsi baxımından geniş imkanlara malikdir. Genetik variasiya, mutasiyalar, təkamül prosesləri, ekoloji proqnozlar, biomüxtəlifliyin dəyişməsi, iqlim dəyişmələrinin canlı sistemlərə təsiri, xəstəliklərin yayılma dinamikası, populyasiya artımı və ekosistemlərin davamlılığı kimi mövzular çoxsaylı dəyişənlərin qarşılıqlı təsiri ilə xarakterizə olunur. Bu proseslərin heç də hamısını tam dəqiqliklə proqnozlaşdırmaq mümkün deyil. Belə mövzuların tədrisi şagirdlərə elmi proqnozla dəqiq fakt arasındakı fərqi, ehtimal xarakterli nəticələrin mahiyyətini və elmi iddiaların hansı şərtlər daxilində qəbul edilə biləcəyini izah etmək üçün əlverişli imkan yaradır.

Elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmək bacarığı ilk növbədə məlumatın mənbəyini və keyfiyyətini qiymətləndirməyi tələb edir. Müasir informasiya mühitində şagirdlər müxtəlif elmi, populyar-elmi və qeyri-elmi mənbələrdən çoxlu sayda bioloji məlumat əldə edirlər. Sosial media, elektron platformalar və internet resursları vasitəsilə yayılan məlumatların hamısı eyni elmi etibarlılığa malik deyil. Buna görə biologiya dərslərində şagirdlərin məlumatın mənbəyini müəyyənləşdirməsi, müəllif və tədqiqatın məqsədini nəzərə alması, istifadə olunan metodları qiymətləndirməsi, sübutların kifayətliliyini araşdırması və faktla fərziyyəni bir-birindən ayırması vacibdir[1].

Bu kontekstdə elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmək bacarığı elmi savadlılığın mühüm komponentlərindən biri kimi çıxış edir. Elmi savadlı fərd yalnız elmi terminləri və faktları bilən şəxs deyil, həm də elmi iddiaların necə formalaşdırıldığını, sübutların necə əldə edildiyini və elmi nəticələrin hansı məhdudiyyətlərə malik olduğunu başa düşən şəxsdir. Şagird elmi məlumatı təhlil edərkən “Bu nəticə nə qədər etibarlıdır?”, “Bu nəticəni hansı sübutlar dəstəkləyir?”, “Nəticəyə təsir edə biləcək hansı amillər mövcuddur?” və “Yeni sübutlar əldə olunarsa, mövcud nəticə dəyişə bilərmi?” kimi suallar verməyi bacarmalıdır.

Biologiya təhsilində qeyri-müəyyənliklə işləmə bacarığının inkişafı həmçinin tənqidi düşünmə ilə sıx bağlıdır. Tənqidi düşünən şagird məlumatı olduğu kimi qəbul etmir, onun əsaslandırılmasını və etibarlılığını araşdırır. Məsələn, müəyyən ekoloji faktorun bir növün sayına təsiri haqqında iki fərqli elmi nəticə təqdim olunduqda şagird yalnız hansı nəticənin “doğru” olduğunu seçməməli, tədqiqatların hansı metodlardan istifadə etdiyini, nümunə həcmini, müşahidə müddətini və digər mümkün dəyişənləri müqayisə etməlidir. Belə fəaliyyət şagirdə elmi nəticələr arasındakı fərqin ziddiyyət deyil, müxtəlif tədqiqat şəraitləri və məlumatların məhdudluğu ilə əlaqəli ola biləcəyini anlamağa kömək edir.

Qeyri-müəyyən elmi məlumatlarla işləmək bacarığının formalaşdırılmasında statistik düşünmə də mühüm rol oynayır. Bioloji tədqiqatların böyük hissəsi müşahidə və eksperimental məlumatların kəmiyyət təhlilinə əsaslanır. Orta göstəricilər, dəyişkənlik, ehtimal, korrelyasiya, nümunə həcmi və qrafik məlumatlar şagirdlərə elmi nəticələrin necə formalaşdığını anlamağa imkan verir. Bu baxımdan biologiya dərslərində sadə statistik məlumatların, diaqramların və qrafiklərin təhlilinə yer verilməsi şagirdlərin məlumatların dəyişkənliyini və nəticələrin müəyyən qeyri-müəyyənliklə xarakterizə olunduğunu dərk etməsinə kömək edə bilər.

Elmi qeyri-müəyyənliyin tədrisi zamanı şagirdlərin “qeyri-müəyyənlik” anlayışını “bilməmək” anlayışı ilə eyniləşdirməsinin qarşısının alınması da mühüm məsələdir. Elmi qeyri-müəyyənlik bəzən mövcud məlumatların tam olmaması ilə əlaqəli olsa da, bir çox hallarda mürəkkəb sistemlərin təbiətindən, ölçmələrin məhdudluğundan və dəyişənlərin çoxluğundan irəli gəlir. Bu səbəbdən şagirdlər qeyri-müəyyənliyi elmi araşdırmanın zəif tərəfi kimi deyil, elmi biliklərin inkişaf prosesinin təbii elementi kimi qəbul etməlidirlər. Belə yanaşma onlarda elmin dinamik və özünü yeniləyən bilik sistemi haqqında daha düzgün təsəvvür formalaşdırır.

Biologiya dərslərində real elmi məlumatların tətbiqi bu bacarığın inkişafına xüsusi töhfə verə bilər. Şagirdlərə müxtəlif tədqiqat nəticələri, qrafiklər, statistik göstəricilər və ziddiyyətli elmi iddialar təqdim edilərək onların sübutları müqayisə etməsi və nəticələrin etibarlılıq səviyyəsini qiymətləndirməsi təşkil oluna bilər. Məsələn, iqlim dəyişmələrinin biomüxtəlifliyə təsiri, müəyyən ekoloji faktorun populyasiya sayına təsiri və ya genetik xüsusiyyətlərin fenotipik dəyişkənliklə əlaqəsi haqqında məlumatların təhlili zamanı şagirdlərdən nəticənin hansı dəlillərə əsaslandığını müəyyənləşdirmək tələb edilə bilər. Bu cür tapşırıqlar elmi məlumatların tənqidi qiymətləndirilməsinə şərait yaradır.

Probleməsaslı və tədqiqatəsaslı təlim yanaşmaları bu istiqamətdə xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Hazır cavabların təqdim edilməsi əvəzinə şagirdlərə açıq və müəyyən dərəcədə qeyri-müəyyən problem situasiyalarının verilməsi onların müstəqil araşdırma aparmasına və sübutlar əsasında nəticəyə gəlməsinə imkan yaradır. Belə situasiyalarda şagirdin məqsədi əvvəlcədən müəyyən edilmiş cavabı tapmaq deyil, mövcud məlumatlar əsasında ən əsaslandırılmış nəticəni

formalaşdırmaqdır. Bu yanaşma elmi düşünmə, problem həlli, qərarqəbuletmə və argumentasiya bacarıqlarının bir-biri ilə inteqrasiyasını təmin edir.

Elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarığının inkişafında müəllimin rolu da əhəmiyyətlidir. Müəllim şagirdlərə yalnız "doğru" cavab təqdim etməklə kifayətlənməməli, elmi nəticələrin hansı sübutlara əsaslandığını və hansı məhdudiyyətlərə malik olduğunu müzakirəyə çıxarmalıdır. Müəllimin "Bu nəticəyə necə gəldiniz?", "Başqa izah mümkündürmü?", "Bu məlumat hansı məhdudiyyətlərə malikdir?" və "Daha etibarlı nəticə əldə etmək üçün hansı əlavə məlumatlara ehtiyac var?" kimi suallardan istifadə etməsi şagirdlərin metakoqnitiv düşünməsini və elmi mühakiməsini stimullaşdırır.

Bu bacarığın formalaşdırılması biologiya təhsilinin real həyatla əlaqəsinin gücləndirilməsi baxımından da əhəmiyyətlidir. İnsanlar gündəlik həyatda sağlamlıq, ətraf mühit, qidalanma, genetik məlumatlar, iqlim dəyişmələri və müxtəlif bioloji risklərlə bağlı çoxsaylı qərarlarla qarşılaşırlar. Bu qərarların bir qismi tam və birmənalı məlumatlar əsasında deyil, müəyyən qeyri-müəyyənlik şəraitində qəbul edilir. Buna görə məktəb dövründə elmi məlumatların məhdudluğunu və etibarlılıq dərəcəsini qiymətləndirməyi öyrənən şagird gələcəkdə elmi və sosial əhəmiyyətli məsələlər haqqında daha rasional və məsuliyyətli qərarlar qəbul edə bilər.

Beləliklə, biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmək bacarığının inkişafı müasir biologiya təhsilinin yalnız metodoloji deyil, həm də epistemoloji istiqamətlərindən biri kimi qiymətləndirilə bilər. Bu yanaşma şagirdlərə elmi bilikləri mexaniki şəkildə mənimsətmək əvəzinə, onların necə əldə edildiyini, hansı sübutlarla dəstəkləndiyini, hansı məhdudiyyətlərə malik olduğunu və yeni sübutlar əsasında necə dəyişə biləcəyini anlamağa imkan verir. Nəticədə şagirdlərdə elmi məlumatların tənqidi qiymətləndirilməsi, qeyri-müəyyənlik şəraitində əsaslandırılmış nəticə çıxarma, alternativ izahları nəzərdən keçirmə və sübutlara əsaslanan mövqe formalaşdırma bacarıqları inkişaf edir.

Bu baxımdan biologiya dərslərində qeyri-müəyyən elmi məlumatlarla işləməyə yönəlmiş təlim strategiyalarının araşdırılması və tətbiqi aktual elmi-pedaqoji problem hesab edilə bilər. Xüsusilə real elmi məlumatların, tədqiqat nəticələrinin, statistik göstəricilərin, ziddiyyətli elmi iddiaların və problem situasiyalarının tədris prosesinə inteqrasiyası şagirdlərin elmi düşünmə mədəniyyətinin formalaşdırılmasına mühüm töhfə verə bilər. Buna görə biologiya təhsilində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmək bacarıqlarının məqsədyönlü şəkildə inkişaf etdirilməsi şagirdlərin elmi savadlılığının, tənqidi düşünmə qabiliyyətinin və müasir informasiya cəmiyyətində əsaslandırılmış qərarlar qəbul etmək potensialının artırılması baxımından xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Material və metodlar

Tədqiqatın metodoloji əsasını biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsinə yönəlmiş kompetensiyayönümlü, probleməsaslı və tədqiqatəsaslı təlim yanaşmaları təşkil etmişdir. Tədqiqatın əsas məqsədinə uyğun olaraq şagirdlərin elmi məlumatları yalnız mənimsəməsi deyil, həm də onların etibarlılıq dərəcəsini qiymətləndirməsi, məlumatın məhdudiyyətlərini müəyyənləşdirməsi, müxtəlif mənbələrdən əldə olunan nəticələri müqayisə etməsi və qeyri-müəyyənlik şəraitində əsaslandırılmış elmi nəticə çıxarması əsas fəaliyyət istiqaməti kimi müəyyən edilmişdir.

Tədqiqat materiallarını biologiyanın müxtəlif bölmələrinə aid elmi məlumatlar, eksperimental nəticələr, statistik göstəricilər, qrafik və diaqramlar, müşahidə nəticələri, elmi mətnlər, tədqiqat nümunələri və qeyri-müəyyənlik ehtiva edən problem situasiyaları təşkil etmişdir. Materialların seçilməsi zamanı onların elmi məzmunu, şagirdlərin yaş və idrak səviyyəsinə uyğunluğu, real həyatla əlaqəsi və müxtəlif interpretasiyalara imkan yaratması əsas meyarlar kimi nəzərə alınmışdır. Xüsusilə ekologiya, genetika, təkamül, fiziologiya, biomüxtəliflik və insan biologiyası ilə bağlı dəyişkən nəticələrə və ehtimal xarakterli məlumatlara üstünlük verilmişdir.

Tədqiqat prosesində müşahidə, problem situasiyalarının təhlili, müqayisəli təhlil, məlumatların interpretasiyası, tədqiqat tapşırıqları, qrup müzakirələri, debat, sorğu və reflektiv qiymətləndirmə metodlarından kompleks şəkildə istifadə edilmişdir. Metodların kompleks tətbiqi şagirdlərin elmi məlumatlarla işləmə bacarıqlarının müxtəlif komponentlərinin – məlumatı anlama, qiymətləndirmə, şərh etmə, qeyri-müəyyənliyi müəyyənləşdirmə və nəticə çıxarma – birlikdə öyrənilməsinə imkan vermişdir.

Tədqiqatın ilkin mərhələsində şagirdlərin elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyini qavrama səviyyəsi müəyyən edilmişdir. Bunun üçün müxtəlif tipli elmi məlumatların təqdim olunduğu situasiya tapşırıqlarından istifadə edilmişdir. Şagirdlərdən verilmiş nəticələrin nə dərəcədə etibarlı olduğunu müəyyənləşdirmək, nəticəyə təsir göstərə biləcək amilləri

göstərmək və əlavə məlumatlara ehtiyac olub-olmadığını əsaslandırmaq tələb edilmişdir. İlkin qiymətləndirmə şagirdlərin elmi məlumatları daha çox "doğru–səhv" prinsipi ilə qiymətləndirdiklərini, yaxud məlumatın məhdudluğunu nəzərə almaqda çətinlik çəkdiklərini müəyyənləşdirməyə imkan vermişdir.

Əsas təlim mərhələsində şagirdlərə qeyri-müəyyənlik ehtiva edən real və modelləşdirilmiş elmi situasiyalar təqdim edilmişdir. Bu situasiyalarda nəticələr tam birmənalı olmamış, müxtəlif izahların və ehtimal olunan nəticələrin mövcudluğu nəzərdə tutulmuşdur. Şagirdlərdən əvvəlcə problemin mahiyyətini müəyyənləşdirmək, daha sonra mövcud məlumatları təhlil etmək və nəticənin qeyri-müəyyənliyinə səbəb ola biləcək amilləri müəyyənləşdirmək tələb edilmişdir.

Elmi məlumatların qiymətləndirilməsi zamanı bir neçə əsas meyar müəyyənləşdirilmişdir. Bunlara məlumatın mənbəyinin etibarlılığı, istifadə olunan tədqiqat metodunun uyğunluğu, nümunənin xüsusiyyətləri, ölçmələrin dəyişkənliyi, məlumatların həcmi, nəticələrin təkrarolunma imkanları, alternativ izahların mövcudluğu və nəticənin ümumiləşdirilmə səviyyəsi daxil edilmişdir. Şagirdlərdən yalnız nəticəni qəbul etmək deyil, həmin nəticənin hansı sübutlara əsaslandığını və mövcud sübutların nə dərəcədə kifayət etdiyini izah etmək tələb olunmuşdur.

Tədqiqatda qrafik və statistik məlumatların təhlilinə xüsusi diqqət yetirilmişdir. Şagirdlərə bioloji proseslərin dəyişmə dinamikasını əks etdirən müxtəlif qrafiklər, cədvəllər və diaqramlar təqdim edilmişdir. Onlardan məlumatların əsas tendensiyasını müəyyənləşdirmək, dəyişkənliyi təsvir etmək, mümkün istisnaları göstərmək və məlumatlardan hansı nəticələrin çıxarıla biləcəyini müəyyənləşdirmək tələb edilmişdir. Eyni zamanda şagirdlərə verilmiş məlumatlardan hansı nəticələrin çıxarıla bilməyəcəyini də müəyyənləşdirmək tapşırılmışdır. Bu yanaşma məlumatın interpretasiyası ilə məlumatın hüdudlarını müəyyənləşdirmə bacarığının paralel inkişafına imkan yaratmışdır.

Müxtəlif elmi mənbələrdən əldə olunan məlumatların müqayisəsi də tədqiqat metodikasının mühüm hissəsini təşkil etmişdir. Şagirdlərə eyni bioloji problem haqqında müxtəlif tədqiqat nəticələri təqdim edilmiş və onların arasında oxşar və fərqli cəhətləri müəyyənləşdirmələri istənilmişdir. Bu zaman şagirdlər nəticələr arasındakı fərqlərin mümkün səbəblərini – tədqiqat metodunun, nümunə qrupunun, müşahidə müddətinin və digər dəyişənlərin fərqliliyini – müəyyənləşdirmişlər. Belə fəaliyyət elmi nəticələr arasındakı fərqin avtomatik olaraq bir nəticənin yanlış olması anlamına gəlmədiyini dərk etməyə şərait yaratmışdır.

Probleməsaslı təlim çərçivəsində şagirdlərə cavabı əvvəlcədən müəyyənləşdirilməyən açıq tipli tapşırıqlar təqdim edilmişdir. Məsələn, müəyyən ekoloji faktorun bitkilərin inkişafına təsiri haqqında müxtəlif nəticələr verildikdə şagirdlərdən "hansı nəticə doğrudur?" sualına sadə cavab vermək əvəzinə, "mövcud məlumatlar əsasında hansı nəticəyə daha yüksək inamla gəlmək mümkündür?" sualını cavablandırmaları tələb edilmişdir. Bu yanaşma elmi düşünmədə ehtimal, sübut və inam səviyyəsi arasındakı əlaqələrin dərk edilməsinə yönəldilmişdir.

Qrup işi və elmi debat metodlarından istifadə zamanı şagirdlər müxtəlif mövqeləri müdafiə etmiş və öz mövqelərini sübutlarla əsaslandırmışlar. Qruplara eyni elmi problem üzrə müxtəlif məlumatlar təqdim edilmiş və onların nəticə çıxarmaları istənilmişdir. Daha sonra qruplar öz nəticələrini təqdim etmiş və digər qrupların suallarını cavablandırmışlar. Bu prosesdə şagirdlərin qarşı tərəfin arqumentlərini dinləməsi, alternativ izahları nəzərə alması və yeni sübutlar əsasında ilkin mövqeyini dəyişməsi də müşahidə edilmişdir.

Tədqiqatda reflektiv fəaliyyət xüsusi mərhələ kimi nəzərdə tutulmuşdur. Hər bir tapşırığın sonunda şagirdlərdən qəbul etdikləri nəticənin nə dərəcədə etibarlı olduğunu, hansı məlumatların qərarlarına təsir etdiyini və əlavə məlumat əldə edildiyi halda nəticələrinin dəyişib-dəyişməyəcəyini izah etmələri tələb edilmişdir. Refleksiya vasitəsilə şagirdlərin öz düşünmə proseslərini qiymətləndirməsi və elmi nəticənin mütləq deyil, mövcud sübutlar çərçivəsində əsaslandırılmış olduğunu anlaması təmin edilmişdir.

Şagird fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi üçün meyar əsaslı rubrikdən istifadə edilmişdir. Qiymətləndirmə aşağıdakı əsas göstəricilər üzrə aparılmışdır: 1) elmi məlumatın düzgün başa düşülməsi; 2) məlumatın mənbəyinin və keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi; 3) qeyri-müəyyənlik mənbələrinin müəyyənləşdirilməsi; 4) qrafik və statistik məlumatların düzgün interpretasiyası; 5) alternativ izahların nəzərə alınması; 6) sübutlarla nəticə arasında əlaqənin qurulması; 7) nəticənin etibarlılıq səviyyəsinin əsaslandırılması; 8) yeni məlumatlar əsasında ilkin mövqenin yenidən qiymətləndirilməsi.

Qiymətləndirmə meyarları əsasında şagirdlərin bacarıqları aşağı, orta və yüksək səviyyələr üzrə qruplaşdırılmışdır. Aşağı səviyyədə olan şagirdlər elmi məlumatı əsasən dəyişməz və mütləq nəticə kimi qəbul etmiş, qeyri-müəyyənlik amillərini müəyyənləşdirməkdə çətinlik çəkmişlər. Orta səviyyədə şagirdlər bəzi məhdudiyyətləri müəyyənləşdirə və alternativ izahlar irəli sürə bilmiş, lakin onların sübutlarla əlaqələndirilməsində müəyyən çətinliklər müşahidə olunmuşdur.

Yüksək səviyyədə isə şagirdlər məlumatın etibarlılığını kompleks şəkildə qiymətləndirmiş, qeyri-müəyyənliyin səbəblərini müəyyənləşdirmiş, alternativ izahları müqayisə etmiş və nəticələrini müvafiq sübutlarla əsaslandırmışlar.

Tədqiqatın yekun mərhələsində ilkin və sonrakı fəaliyyət nəticələri müqayisə edilmişdir. Bunun üçün ilkin mərhələdə tətbiq olunan tapşırıqlara məzmun baxımından yaxın, lakin fərqli bioloji kontekstdə hazırlanmış yeni situasiyalar təqdim edilmişdir. Beləliklə, şagirdlərin konkret tapşırığı yadda saxlaması deyil, formalaşmış bacarığı yeni situasiyaya tətbiq etməsi qiymətləndirilmişdir.

Əldə olunan məlumatların təhlilində kəmiyyət və keyfiyyət yanaşmaları bir-birini tamamlamışdır. Kəmiyyət təhlilində tapşırıqların düzgün yerinə yetirilmə səviyyəsi, qiymətləndirmə meyarları üzrə əldə olunan göstəricilər və ilkin-yekun nəticələr arasındakı fərqlər nəzərə alınmışdır. Keyfiyyət təhlilində isə şagirdlərin yazılı cavabları, arqumentləri, qrup müzakirələri zamanı irəli sürdükləri fikirlər və reflektiv qeydləri araşdırılmışdır. Bu yanaşma yalnız nəticənin deyil, həmin nəticəyə aparan düşünmə prosesinin də qiymətləndirilməsinə imkan vermişdir.

Beləliklə, tədqiqatda tətbiq olunan material və metodlar biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarığının kompleks şəkildə araşdırılmasına yönəldilmişdir. Metodoloji yanaşmanın əsasını "məlumatın əldə edilməsi – mənbənin qiymətləndirilməsi – qeyri-müəyyənliyin müəyyənləşdirilməsi – sübutların təhlili – alternativ izahların müqayisəsi – nəticənin formalaşdırılması – nəticənin etibarlılığının qiymətləndirilməsi – refleksiya" ardıcıllığı təşkil etmişdir. Bu yanaşmanın tətbiqi şagirdlərin elmi məlumatlara daha tənqidi və ehtiyatlı yanaşmasına, qeyri-müəyyənliyi elmi prosesin təbii elementi kimi qəbul etməsinə və mövcud sübutlar əsasında əsaslandırılmış elmi nəticələr çıxarmasına şərait yaradır.

Nəticələr və müzakirə

Tədqiqatın nəticələri göstərmişdir ki, biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə məqsədyönlü və sistemli şəkildə işləmək şagirdlərin elmi düşünmə, tənqidi qiymətləndirmə, sübutlardan istifadə və əsaslandırılmış nəticə çıxarma bacarıqlarının inkişafına mühüm təsir göstərir. Xüsusilə probleməsaslı və tədqiqatəsaslı təlim strategiyalarının tətbiqi şagirdlərin elmi məlumatları dəyişməz və mütləq həqiqət kimi qəbul etməkdən uzaqlaşaraq, onların əldə edilmə şəraitini, mənbəyini, məhdudiyyətlərini və etibarlılıq səviyyəsini nəzərə almalarına imkan yaratmışdır.

Tədqiqatın ilkin mərhələsində şagirdlərin əhəmiyyətli hissəsinin elmi məlumatları əsasən "doğru" və ya "yanlış" kateqoriyalarında qiymətləndirməyə meyilli olduğu müşahidə edilmişdir. Şagirdlər təqdim olunan elmi nəticənin hansı metod əsasında əldə edildiyini, nümunənin xüsusiyyətlərini və mümkün dəyişənləri hər zaman nəzərə almamışlar. Xüsusilə ziddiyyətli və ya ehtimal xarakterli məlumatlarla qarşılaşdıqda onların bir hissəsi nəticələr arasındakı fərqi elmi ziddiyyət kimi qiymətləndirmişdir. Bu vəziyyət elmi qeyri-müəyyənlik anlayışının ayrıca və məqsədyönlü şəkildə tədris edilməsinin vacibliyini göstərir.

Təlim mərhələsində müxtəlif elmi məlumatların, qrafiklərin, statistik göstəricilərin, tədqiqat nəticələrinin və problem situasiyalarının təhlili şagirdlərin yanaşmasında nəzərəçarpan dəyişiklik yaratmışdır. Şagirdlər tədricən məlumatın yalnız məzmununa deyil, onun hansı mənbədən əldə edildiyinə, hansı metodla toplandığına və nəticənin hansı şərtlər daxilində etibarlı hesab edilə biləcəyinə diqqət yetirməyə başlamışlar. Bu dəyişiklik elmi məlumatın qiymətləndirilməsinin faktın sadəcə mənimsənilməsindən daha mürəkkəb idrak fəaliyyəti olduğunu göstərir.

Ən əhəmiyyətli nəticələrdən biri şagirdlərin qeyri-müəyyənliyin mənbələrini müəyyənləşdirmək bacarığının inkişaf etməsi olmuşdur. Təlimin əvvəlində şagirdlər qeyri-müəyyənliyi əsasən "məlumatın azlığı" ilə əlaqələndirdikləri halda, sonrakı mərhələdə ölçmə xətaları, bioloji dəyişkənlik, nümunə ölçüsü, tədqiqat şəraiti, istifadə olunan metodların fərqliliyi və dəyişənlərin çoxluğu kimi amilləri də nəzərə almağa başlamışlar. Bu nəticə göstərir ki, məqsədyönlü təlim şagirdlərdə elmi qeyri-müəyyənliyin çoxkomponentli xarakteri haqqında daha düzgün təsəvvür formalaşdırır[2].

Qrafik, cədvəl və statistik məlumatların təhlili zamanı da müsbət dəyişikliklər müşahidə edilmişdir. İlkin mərhələdə şagirdlər qrafiklərdəki əsas tendensiyanı müəyyənləşdirsələr də, məlumatların dəyişkənliyini və nəticələrin məhdudluğunu hər zaman nəzərə almamışlar. Təlimdən sonra isə onlar əsas tendensiya ilə yanaşı, məlumatlardakı fərqləri, istisnaları və mümkün alternativ izahları da müəyyənləşdirməyə başlamışlar. Bu, şagirdlərin bioloji məlumatların interpretasiyası ilə yanaşı, həmin məlumatlardan hansı nəticələrin çıxarıla biləcəyini və hansı nəticələrin çıxarıla bilməyəcəyini ayırd etmə bacarığının inkişaf etdiyini göstərir.

Tədqiqat zamanı şagirdlərin sübut və nəticə arasındakı əlaqəni qurmaq bacarığında da müsbət dəyişiklik müəyyən edilmişdir. Əvvəlki mərhələdə bəzi cavablar daha çox şəxsi fikir və intuitiv mülahizələrə əsaslandığı halda, sonrakı

mərhələdə şagirdlər öz nəticələrini konkret məlumat və sübutlarla əlaqələndirməyə üstünlük vermişlər. Məsələn, müəyyən ekoloji faktorun canlı orqanizmə təsiri haqqında nəticə çıxararkən yalnız "təsir edir" fikrini bildirməklə kifayətlənməmiş, bu fikri dəstəkləyən göstəriciləri və müşahidə olunan dəyişiklikləri qeyd etmişlər.

Müxtəlif elmi mənbələrdən əldə olunan ziddiyyətli məlumatların müqayisəsi şagirdlərin elmi nəticələrə daha çevik yanaşmasına şərait yaratmışdır. Eyni bioloji hadisə haqqında fərqli nəticələrin təqdim edilməsi şagirdlərə elmi biliklərin yeni sübutlar əsasında inkişaf edə biləcəyini göstərmişdir. Şagirdlər tədricən iki fərqli nəticənin mütləq şəkildə onlardan birinin səhv olması anlamına gəlmədiyini, nəticələr arasındakı fərqin tədqiqat metodları, nümunələr, müşahidə müddəti və digər şərtlərlə bağlı ola biləcəyini nəzərə almağa başlamışlar.

Bu nəticə biologiya təhsilində elmin təbiəti haqqında təsəvvürlərin formalaşdırılması baxımından xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Elmi biliklər sabit və dəyişməz informasiya toplusu deyil; yeni sübutlar, təkmilləşdirilmiş metodlar və daha geniş tədqiqatlar nəticəsində elmi izahlar dəqiqləşdirilə və yenidən nəzərdən keçirilə bilər. Şagirdlərin bu xüsusiyyəti anlaması onları həm elmi məlumatları kor-koranə qəbul etməkdən, həm də elmi qeyri-müəyyənliyi elmin etibarsızlığı kimi qiymətləndirməkdən qoruyur.

Qrup müzakirələri və debatların tətbiqi də elmi qeyri-müəyyənliklə işləmə bacarığının inkişafında səmərəli olmuşdur. Müxtəlif qrupların eyni məlumat əsasında fərqli nəticələr irəli sürməsi şagirdlər arasında elmi arqumentlərin qarşılaşdırılmasına şərait yaratmışdır. Müzakirələr zamanı şagirdlər qarşı tərəfin fikrini dinləmiş, alternativ izahları qiymətləndirmiş və bəzi hallarda yeni sübutlar əsasında ilkin mövqelərini dəyişmişlər. Bu, elmi düşünmənin mühüm xüsusiyyətlərindən biri olan mövqenin sübutlara uyğun şəkildə yenidən nəzərdən keçirilməsi bacarığının formalaşdığını göstərir.

Tədqiqatın nəticələri göstərmişdir ki, refleksiya mərhələsi şagirdlərin qeyri-müəyyənliyi dərk etməsində xüsusi rol oynayır. Şagirdlərə "Nəticənizə nə qədər əminsiniz?", "Bu nəticəni dəyişdirə biləcək hansı məlumat mövcud ola bilər?" və "Daha etibarlı nəticə əldə etmək üçün hansı əlavə tədqiqat aparılmalıdır?" kimi sualların verilməsi onların öz düşünmə proseslərini qiymətləndirməsinə imkan yaratmışdır. Belə fəaliyyət şagirdlərdə metakoqnitiv bacarıqların və elmi özünənəzarətin inkişafına şərait yaratmışdır.

Nəticələr göstərmişdir ki, qeyri-müəyyənliklə işləmə bacarığı yalnız bir mövzu çərçivəsində formalaşan xüsusi bacarıq deyil, müxtəlif biologiya bölmələrinə tətbiq oluna bilən ümumi elmi düşünmə kompetensiyasıdır. Ekologiyada populyasiya dinamikasının proqnozlaşdırılması, genetikada əlamətlərin dəyişkənliyinin izahı, təkamüldə müxtəlif sübutların müqayisəsi, fiziologiyada fərdi dəyişkənliyin qiymətləndirilməsi və insan biologiyasında risk faktorlarının təhlili bu bacarığın inkişafı üçün müxtəlif imkanlar yaradır.

Əldə olunan nəticələr göstərir ki, elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarığının inkişafı biologiya təhsilində ənənəvi "məlumatın təqdim edilməsi və mənimsənilməsi" modelindən daha fəal və tədqiqatyönümlü təlim modelinə keçidi tələb edir. Şagirdin elmi məlumatla qarşılaşması, onun etibarlılığını qiymətləndirməsi, sübutları müqayisə etməsi və nəticənin məhdudiyyətlərini müəyyənləşdirməsi biologiya biliklərinin daha dərin mənimsənilməsinə şərait yaradır.

Elmi qeyri-müəyyənliyin tədris prosesinə daxil edilməsi həmçinin şagirdlərin tənqidi düşünmə bacarıqlarını gücləndirir. Şagird hazır nəticəni qəbul etmək əvəzinə həmin nəticənin əsaslandırılmasını araşdırır, alternativ izahları nəzərdən keçirir və mövcud məlumatların kifayət edib-etmədiyini qiymətləndirir. Bu proses biologiya fənninin digər fənlərlə inteqrasiyasına da imkan verir. Xüsusilə riyaziyyat və informatika ilə əlaqəli statistik məlumatların interpretasiyası, coğrafiya ilə əlaqəli ekoloji məlumatların təhlili və texnologiya ilə əlaqəli elmi informasiya resurslarının qiymətləndirilməsi şagirdlərin kompleks düşünmə qabiliyyətini inkişaf etdirə bilər.

Müzakirə nəticəsində belə qənaətə gəlmək olar ki, elmi qeyri-müəyyənlik şagirdlər üçün yalnız çətinlik yaradan amil deyil, eyni zamanda yüksək səviyyəli idrak fəaliyyətini stimullaşdıran didaktik resursdur. Əgər şagirdə yalnız birmənalı və əvvəlcədən müəyyənləşdirilmiş cavabı olan tapşırıqlar təqdim edilirsə, onun məlumatların etibarlılığını müqayisə etmək və qeyri-müəyyənlik şəraitində nəticə çıxarmaq imkanları məhdudlaşır. Əksinə, müxtəlif və qismən qeyri-müəyyən məlumatların təqdim edilməsi şagirdi daha dərin araşdırmaya və sübutlara əsaslanan mühakiməyə sövq edir[3].

Bununla yanaşı, qeyri-müəyyənliklə işləmə bacarığının formalaşdırılması müəyyən çətinliklərlə müşayiət oluna bilər. Şagirdlərin ilkin mərhələdə "dəqiq cavab" gözləntisi, statistik anlayışların kifayət qədər mənimsənilməməsi və müxtəlif mənbələrin elmi etibarlılığını qiymətləndirməkdə çətinlik çəkməsi təlim prosesini mürəkkəbləşdirə bilər. Buna

görə qeyri-müəyyənliklə bağlı tapşırıqların sadədən mürəkkəbə doğru qurulması, əvvəlcə konkret və vizual materiallardan, daha sonra isə mürəkkəb elmi situasiyalardan istifadə edilməsi məqsədəuyğundur.

Müəllimin fasilitator kimi fəaliyyəti bu prosesin səmərəliliyinə birbaşa təsir göstərir. Müəllim qeyri-müəyyən məlumat qarşısında "düzgün cavabı" təqdim etmək əvəzinə şagirdi sübutları araşdırmağa yönəltməlidir. Bu zaman müəllimin əsas sualları "Nəyə əsaslanaraq belə düşünürsən?", "Bu məlumatın hansı məhdudiyyəti var?", "Başqa hansı izah mümkündür?" və "Əlavə hansı sübuta ehtiyac var?" kimi istiqamətləndirici suallar ola bilər.

Ümumilikdə, tədqiqatın nəticələri göstərir ki, biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə sistemli işləmək şagirdlərin elmi savadlılığının inkişafına, məlumatları tənqidi qiymətləndirməsinə və sübutlara əsaslanan nəticələr çıxarmasına əlverişli şərait yaradır. Bu yanaşma şagirdlərdə elmi biliklərin dinamik xarakteri haqqında adekvat təsəvvür formalaşdırmaqla yanaşı, onları müasir informasiya mühitində qarşılaşdıqları bioloji və elmi məlumatlara daha məsuliyyətli yanaşmağa hazırlayır[4].

Nəticə etibarilə, biologiya dərslərində "məlumatın müəyyənləşdirilməsi – mənbənin qiymətləndirilməsi – qeyri-müəyyənliyin aşkarlanması – sübutların təhlili – alternativlərin müqayisəsi – nəticənin formalaşdırılması – etibarlılığın qiymətləndirilməsi – refleksiya" ardıcıllığının tətbiqi elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarığının inkişaf etdirilməsi üçün səmərəli metodoloji çərçivə kimi çıxış edə bilər. Bu yanaşma şagirdlərin yalnız biologiya üzrə biliklərini artırmır, eyni zamanda onları elmi məlumatları müstəqil qiymətləndirən, qeyri-müəyyənliyi düzgün interpretasiya edən və sübutlara əsaslanan elmi mövqe formalaşdıran fərdlər kimi yetişdirməyə xidmət edir.

Nəticə

Aparılmış tədqiqatın nəticələri göstərir ki, biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarıqlarının məqsədyönlü şəkildə inkişaf etdirilməsi şagirdlərin elmi savadlılığının, tənqidi və sistemli düşünmə qabiliyyətlərinin formalaşdırılması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Elmi məlumatların dəyişkənliyinin, məhdudiyyətlərinin və müxtəlif etibarlılıq səviyyələrinin təlim prosesinə daxil edilməsi şagirdlərə elmi biliklərin mütləq və dəyişməz informasiya deyil, mövcud sübutlar əsasında formalaşan və yeni dəlillərlə dəqiqləşdirilə bilən dinamik bilik sistemi olduğunu anlamağa imkan verir.

Tədqiqat zamanı müəyyən edilmişdir ki, probleməsaslı, tədqiqatəsaslı və sübutyönümlü təlim yanaşmalarının tətbiqi şagirdlərin elmi məlumatların mənbəyini və keyfiyyətini qiymətləndirmək, qeyri-müəyyənliyin yaranma səbəblərini müəyyənləşdirmək, müxtəlif məlumatları müqayisə etmək, qrafik və statistik göstəriciləri düzgün interpretasiya etmək və mövcud sübutlar əsasında əsaslandırılmış nəticələr çıxarmaq bacarıqlarını inkişaf etdirir.

Xüsusilə müxtəlif və bəzən ziddiyyətli elmi məlumatların müqayisəli təhlili şagirdlərin alternativ izahları nəzərə almasına və elmi nəticələrin hansı şərtlər daxilində etibarlı olduğunu qiymətləndirməsinə şərait yaradır. Bu yanaşma şagirdlərdə elmi iddialara kor-koranə inanmaq və ya onları əsassız şəkildə rədd etmək əvəzinə, hər bir nəticəni mövcud sübutların gücü və məhdudiyyətləri baxımından qiymətləndirmək vərdişi formalaşdırır.

Tədqiqatın mühüm nəticələrindən biri də elmi qeyri-müəyyənliklə işləmə bacarığının yalnız konkret biologiya mövzusu ilə məhdudlaşmamasıdır. Bu bacarıq ekologiya, genetika, təkamül, fiziologiya, biomüxtəliflik və insan biologiyası kimi müxtəlif istiqamətlərdə tətbiq edilə bilər. Şagirdlər bioloji proseslərin mürəkkəbliyini və dəyişkənliyini nəzərə aldıqda onların elmi hadisələri daha dərindən və sistemli şəkildə dərk etmələri mümkün olur.

Bununla yanaşı, qeyri-müəyyən elmi məlumatlarla işləmə şagirdlərin metakoqnitiv bacarıqlarının inkişafına da şərait yaradır. Öz nəticələrinin nə dərəcədə etibarlı olduğunu qiymətləndirmək, hansı sübutlara əsaslandıqlarını izah etmək və əlavə məlumat əldə edildikdə ilkin mövqelərini yenidən nəzərdən keçirmək şagirdlərin öz düşünmə proseslərinə nəzarət etməsini gücləndirir.

Nəticə olaraq, biologiya dərslərində elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyinin məqsədyönlü şəkildə öyrədilməsi müasir biologiya təhsilinin vacib istiqamətlərindən biri kimi qiymətləndirilə bilər. Təlim prosesində məlumatın müəyyənləşdirilməsi, mənbənin qiymətləndirilməsi, qeyri-müəyyənliyin aşkarlanması, sübutların təhlili, alternativlərin müqayisəsi, nəticənin formalaşdırılması və refleksiya mərhələlərinin ardıcıl tətbiqi şagirdlərin elmi düşünmə mədəniyyətinin inkişafına əlverişli şərait yaradır.

Beləliklə, elmi məlumatların qeyri-müəyyənliyi ilə işləmə bacarığının inkişaf etdirilməsi şagirdləri yalnız biologiya üzrə biliklərlə təmin etmir, həm də onları müasir informasiya cəmiyyətində qarşılaşdıqları elmi məlumatları müstəqil,

tənqidi və əsaslandırılmış şəkildə qiymətləndirə bilən fərdlər kimi formalaşdırır. Bu baxımdan həmin bacarığın biologiya kurikulumunda sistemli şəkildə nəzərə alınması və müxtəlif mövzular üzrə praktik tapşırıqlar, tədqiqat situasiyaları və real elmi məlumatlar vasitəsilə inkişaf etdirilməsi məqsədəuyğundur.

İSTİNADLAR

1. Bateman, K. M., Wilson, C. G., Williams, R. T., Tikoff, B., & Shipley, T. F. (2022). Explicit instruction of scientific uncertainty in an undergraduate geoscience field-based course. *Science & Education, 31*, 1541–1566. Covitt, B. A., & Anderson, C. W. (2022). Untangling trustworthiness and uncertainty in science: Implications for science education. *Science & Education, 31*, 1155–1180.

2. DeFeo, D. J., Tran, T. C., & Gerken, S. (2021). Mediating students' fixation with grades in an inquiry-based undergraduate biology course. *Science & Education, 30*, 81–102.

3. Starrett, E., Jordan, M., Chen, Y.-C., & Park, J. (2023). Desirable uncertainty in science teaching: Exploring teachers' perceptions and practice of using student scientific uncertainty as a pedagogical resource. *Teaching and Teacher Education*. (ScienceDirect)

4. Watkins, J., & Manz, E. (2022). Characterizing pedagogical decision points in sense-making conversations motivated by scientific uncertainty. *Science Education, 106*, 1408–1441.

FONOLOGİYADA SƏSİN MƏNA LEKSEMLƏRİ VƏ LİNNQİVİSTİK QANUNLARI: SƏSİN SƏSİ- SÖZÜN ÜSLUB NƏFƏSİ

PROF. DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ

ORCID: 0009-0001-1327-3425 ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prıze & Indıa- Birliyinin Yönətici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eyitimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery`s Ange`ls İnternacional Qroup üvü; Poetas İntergaláctıcos-üzvü; World Peace Lıterature Academy-nin yönətici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-BÜTÖV AZERBAYCAN

ÖZƏT

Səsin səsi-sözün üslub nəfəsi. Səs nədir? Səs –Allahın insana bəxş etdiyi ruhi nişanlar içərisində nişanlar mənbəyidir. Səs və özündə səs bu mənbədə hər an hərəkət halında olur. Səs və özündən gələn səs yatımları. Səsdə səs- və onun fonolinqivistik törəmə qanunları vardır.

Dil ən kiçik hissəcik və hissələrə malik linqivistik strukturdan ibarətdir. Səs bu strukturda daimi faktorlardan, işarələrdən biridir.

Səs və səslər nitqin struktur vahidləri kimi dilin varlığıdır.Və ses-dil sisteminde bundan əvvəldə olan başlıca bir funksiya da vardır: səs-dilin ruhu və quruluşu, özü də daxili və xarici quruluşu, struktur materialıdır. Səs strukturu ilə söz, söz strukturu ilə cümlə, cümlə ilə mətn strukturları bir-birinə bağlı olan, bir-birini tamamlayan və formalaşdıran dil nişanlarıdır.

Səs-struktur tərkibləri və funksiyaları olan Qanunlar sistemində Nitqin ilk nişanıdır. Səsin işarələr sistemi- insan beyninin və nəfəsalma prosesinə bağlıdır. Nəfəslə başlayır. Nəfəs Səsin Ana bətnidir.

Səs dilin ilk predmetidir; səs özü-özünü hərəkətə gətirir, özünə səs qoşur və bununla nitqi fəallaşdırır. Səslər dəyişmə və dəyişdirmə xassəsinə malik cildlərdir.

Dil Səslə özünü ifadə edir. Səs-vahid bir predmet halında olur. Səs- işarələri də bu predmetlər sayəsində dili yaradır və hərəkət halında gətirir, ona sistem-nizam verir. çünki Dili yaradan və hərəkətə gətirən— Səsdir. Hər bir dil öz funksiyasını məhz "səsli dil" vahidi daxilində müəyyənləşdirmişdir. Səsli dil yazılı dilin də yaranmasında xüsusi rol oynamışdır.

Fonologiya Dilin-Nitqin "Səs uyğunluğu" qanunudur; burada səs vahidləri fonolinqivistik strukturu təşkil edir. Milli dilin-xalq danışıq dilinin, bədii ifadə dilinin poetikası bu fonolinqivistik əlamətlər əsasında sabitləşmişdir.

ses frekanslarının təsiryaratma xassələri və dildə- nitqdə onların dialektik funksiyaları çoxsahəlidir.

Fonologiya Dilin Səsli-ritmli, bölgülü, vurğulu, təqtli sistemidir; dilin daxili və xarici predmetləri onun içərisindən çıxmışdır.

Fonologiya dildə səs qanunlarının və bu qanunların növlərini sistemləşdirmə nəzəriyyəsidir. Onun dildaxili səs quruluşunu açan xassələri, tərkib hissələri vardır. Bu semantikada fonologiyanın işlək vahidləri fonemlər-işarə tərkibləridir.

AÇAR SÖZLƏR: Səs nədir; Dildə səs uyğunluğu; Səs-nitq predmeti; fonolinqivistik qanunlar.

SOUND MEANING LEXEMS AND LINGUISTIC LAWS IN PHONOLOGY: SOUND OF SOUND - STYLE BREATH OF THE WORD

PROF. DOK. EBULFEZ TAHİR EZİMLİ

ABSTRACT

Sound of sound - style breath of the word.

What is sound? Sound is the source of signs among the spiritual signs that God has given to man. Sound and sound itself are in this source in every movement. Sound and sound deposits coming from it. Sound has sound and its phonolinguistic derivation laws.

Language consists of a linguistic structure with the smallest particles and parts. Sound is one of the constant factors, signs in this structure. Sound/sounds are the existence of language as structural units of speech.

And the sound-language system also has a main function that precedes this: the soul and structure of sound-language, which itself is its internal and external structure, structural material. Sound structure and word, sentence and word structure, sentence and text structures are language signs that are interconnected, complement and form each other.

Sound is the first sign of Speech in the system of Laws with structural components and functions. The system of signs of sound is connected with the human brain and the breathing process. It begins with breathing. Breathing is the Mother Womb of Sound.

Sound is the first subject of language; sound sets itself in motion, adds sound to itself and thus activates speech. Sounds are volumes with the property of change and transformation.

Language expresses itself through Sound. Sound is a unitary object. Sound signs also create language and bring it into motion thanks to these objects, giving it a system-order. Because the one who creates and sets language in motion is Sound. Each language has determined its function precisely within the “sound language” unit. Sound language also played a special role in the creation of written language.

Phonology is the law of “sound correspondence” of Language-Speech; here sound units form the phonolinguistic structure. The poetics of the national language - the spoken language of the people, the language of artistic expression is stabilized on the basis of these phonolinguistic features.

The impact-generating properties of sound frequencies and their dialectical functions in language - speech are multifaceted.

Phonology is the sound-rhythmic, segmented, stressed, and tonal system of the language; the internal and external objects of the language emerged from it.

Phonology is the theory of systematizing the sound laws and types of these laws in the language. It has properties and components that reveal the intralingual sound structure. In this semantics, the functional units of phonology are phonemes - sign structures.

KEYWORDS: What is sound; Sound correspondence in language; Sound-speech object; phonolinguistic laws.

SOKRATİZM VƏ MİRZƏ CƏLİL DAYMONİZMİ: "MOLLA NƏSRƏDDİN" REALİZMİNDƏ RƏĞBƏT LİRİZMİ VƏ MƏZƏMMƏD İŞARƏTLƏRİ

PROF. DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ

ORCID: 0009-0001-1327-3425 ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prıze & Indıa- Birliyinin Yönətici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eyitimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery`s Ange`ls İnternacional Qroup üvü; Poetas İntergaláctıcos-üzvü; World Peace Lıterature Academy-nin yönətici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-BÜTÖV AZERBAYCAN

ÖZƏT

Mirzə Cəlil Məmmədquluzadənin (1869-1931) nəşr etdirdiyi "Molla Nəsrəddin" dərgisində (1906-1931) dərc etdiyi felyetonlar həm də hekayə tərzindədir. Bu əsərlərdə bədii obrazlılıq -- lirizm və satirizm və onun Mirzə Cəlil Məmmədquluzadə əsərləri məzmun və ideyası, satirik mənzərəsi, təsvir və tərənnüm poetizmi ilə zəngindir.

Bədiilik-Mirzə Cəlil Məmmədquluzadə (1869-1931) yaradıcılığında daymonizminə,məzhəkə lirizmi, üslubi oynaqlıq, səmimiyyət stillərinə görə əsas estetik keyfiyyətdir. Onun publisistikasında satirik tiplər məhz bədii məqamlara görə seçilirlər. Sözlərin və bədii ifadələrin seçimi və işlənmə məqamları satirik ifşa üsullarının əsas üslubi məziyyətləridir.

Mirzə Cəlilin təsvirində bir açımın özünəməxsus üslubi məqamları vardır. Əsas məqam-bədii mövqedir. Çünki bədii olmayan fikir və ifadə o qədər də cəlbedici deyil.Yazıçı bədiiliyin yumoristik və satirik, lirik qatlarını birləşdirir.

Hər şeydən əvvəl, Mirzə Cəlil obrazlarla oxucu arasında əlaqələr yaradır və bu əlaqələri yumoristik və satirik, eyni zamanda bədii-psixologi, lirik təsvir və şərhlərlə dərinləşdirir. Burada əsas üslubu qrup eyham, kinayə, rişxənd və hiddətdir.

Bədii anlam və təsvirə isə sözü və ifadəni məcazi, obrazlı və psixologi deyim tərzində çatdırmaq mümkündür. Mirzə Cəlil və bu üslubi prinsiplə oxucu ilə obraz, oxucu ilə müəllif arasında aydınlıq yaradır. Bu prosesdə oxucunun marağı və qavrama səviyyəsi diqqət mərkəzində saxlanılır.

Mirzə Cəlilin üslubi qənaətinə görə, oxucu üçün maraqlı olacaq hadisənin və obrazın təsviri məhz bədii-emosional, Bədii—publisistik tərzdən cəlbedici və təsirli ola bilər. MİrzəCəlildə bədii məqam, şübhəsiz ki, ifadəliyin əsas şərtlərini özündə ehtiva edir. Bu zaman dilin obrazlılığı və sadəliyi də mühüm estetik meyar olur. Fikri və mənanı obrazlı şəkildə çatdırmaq üçün nə əsasdır?

MİrzəCəlilin estetikasında bu sualın cavabı Özü-özlüyündə verilir. Ən əsası odur ki, Mirzə Cəlilin nəsrində bədii təsviri, üslubi semantikanı iki cəhət formalaşır; başqa sözlə, onun yaradıcılığında bədiiliyin iki böyük tərəfi var: birinci tərəf: lirizm; ikinci tərəf: satirizm. Və hər iki tərəfin ayrı-ayrılıqda məxsusi üslub qatları var:

Cəlil Məmmədquluzadənin bədii publisistikasinda hər bir tənqid hədəfinin özünəməxsus ifşa üsulu vardır. Yazıçı hər məqamda öz tənqid və ifşa mövqeyini qabarıqlaşdıra bilmişdir. Bu prinsipdə xüsusi məziyyət olan üsullardan biri bədii ifadənin müstəqim və dolayı qatlardan mənalandırılmasıdır.

AÇAR SÖZLƏR: Sokratizm, Mirzə Cəlil daymonizmi;"Molla Nəsrəddin" dərgisində lirizm və satirizm.

SOCRATES AND MIRZA JALIL'S DAIMONISM: TYPES OF EXPRESSION OF LYRICISM AND SATIRISM IN THE REALISM OF "MOLLA NASREDDIN"

PROF. DOK. EBULFEZ TAHİR EZİMLİ

ABSTRACT

The feuilletons published by Mirza Jalil Mammadguluzadeh (1869-1931) in the magazine "Molla Nasreddin" (1906-1931) are also in the style of a story. In these works, artistic imagery is rich in lyricism and satirism, and the satirical landscape of his works by Mirza Jalil, description and poeticism of hymns.

Artistic quality is the main aesthetic quality in the work of Mirza Jalil Mammadguluzadeh (1869-1931) due to his daimonism, humorous lyricism, stylistic playfulness, sincerity. In his journalism, satirical types are distinguished precisely for their artistic moments. The choice and development of words and artistic expressions are the main stylistic merits of satirical exposure methods.

Mirza Jalil's description of an opening has its own stylistic points. The main point is the artistic position. Because non-artistic ideas and expressions are not so attractive. The writer combines humorous, satirical, and lyrical layers of art.

First of all, Mirza Jalil creates connections between the characters and the reader and deepens these connections with humorous and satirical, as well as artistic-psychological, lyrical descriptions and interpretations. The main style here is group allusion, irony, mockery, and indignation. It is possible to convey the artistic meaning and description in a figurative, figurative, and psychological manner of expression.

Mirza Jalil and this stylistic principle create clarity between the reader and the character, the reader and the author. In this process, the reader's interest and level of perception are kept in the center of attention.

According to Mirza Jalil's stylistic conclusion, the description of an event and an image that will be interesting to the reader can be attractive and effective precisely in the artistic-emotional, artistic-publicistic style. In Mirza Jalil, the artistic moment undoubtedly contains the main conditions of expressiveness. At this time, the figurativeness and simplicity of the language also become important aesthetic criteria. What is the basis for conveying thought and meaning figuratively?

The answer to this question is given in Mirza Jalil's aesthetics. The most important thing is that in Mirza Jalil's prose, two aspects of artistic description and stylistic semantics are formed; in other words, there are two major aspects of artistry in his work: the first side: lyricism; the second side: satirism. And both sides have their own stylistic layers:

In Jalil Mammadguluzadeh's artistic publicism, each target of criticism has its own unique method of exposure. The writer was able to highlight his position of criticism and exposure at every moment. One of the methods that has a special merit in this principle is the interpretation of the artistic expression from direct and indirect layers**.**

KEYWORDS: Socratism; Mirza Jalil daimonism; lyricism and satirism in the magazine "Molla Nasreddin".

DELAYING THE TRANSITION TO ADULTHOOD IN EUROPE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ROMANIA, GERMANY, AND SWEDEN

PhD Petronela Daniela FERARU

National College Iași and 'Ion Neculce' High School, Târgu Frumos, Romania, Sociology, daniela_feraru_p@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-8954-6336

Abstract

The transition to adulthood is often narrated as a sequence of individual choices, yet the timing and reversibility of education, employment, residential independence, partnership, and parenthood are institutionally patterned. This article compares Romania, Germany, and Sweden as contrasting configurations of familialism, coordinated labour-market integration, and individualised social citizenship. It combines a theoretically informed review with secondary analysis of harmonised Eurostat series for 2015–2025 on leaving the parental household, NEET status, recent-graduate employment, early leaving from education, overcrowding, and housing-cost overburden. The results reveal three distinct opportunity structures. Romania combines late home-leaving, a pronounced gender gap, educational discontinuity, and severe overcrowding, indicating that family co-residence frequently operates as compulsory social protection. Germany supports comparatively stable school-to-work incorporation, while housing costs and institutional complexity still produce unequal autonomy. Sweden displays early residential independence and a small gender gap, but its high autonomy is accompanied by significant exposure to housing costs and market bottlenecks. The comparison demonstrates that early departure is neither a sufficient measure of successful adulthood nor the opposite of vulnerability. Rather, transitions are best assessed through the joint distribution of temporal autonomy, material security, and reversibility. The article proposes an integrated policy framework linking housing, education, employment, and portable income support, and argues that delayed transitions should be interpreted as relational outcomes of welfare institutions, labour markets, housing systems, and intergenerational resources rather than as cultural deficits among young people.

Keywords: Transition to adulthood, residential independence, youth precarity, welfare regimes, housing, intergenerational inequality

1. INTRODUCTION

Becoming an adult is not a single event. It is a socially organised passage through partially independent domains: completing education, entering paid work, securing an income, leaving the parental household, establishing an intimate partnership, and sometimes becoming a parent. In the post-war European imagination these transitions appeared to form a relatively standard sequence. Expansion of higher education, labour-market flexibilisation, de-standardised partnerships, expensive housing, and repeated economic shocks have since stretched, reordered, and rendered that sequence reversible. A graduate may leave home for university, return after a fixed-term contract ends, move out again with a partner, and remain economically dependent on parents throughout. Chronological age therefore provides only a partial description; the central sociological question concerns who can convert time into autonomy, under what institutional conditions, and at whose cost.

The language of 'delay' can mislead when it implies deficient motivation. Young adults do exercise agency, but they do so within opportunity structures that distribute risks and resources unevenly. A preference for co-residence may express affection and reciprocity, yet the same arrangement can also be the least damaging response to low earnings, insecure work, limited rental supply, mortgage exclusion, or an education system weakly connected to employment. Conversely, early home-leaving can signal institutional support, but it can also expose young people to high housing costs and debt. The meaning of a transition must therefore be inferred from the configuration of outcomes rather than from one indicator treated as a cultural verdict (Buchmann & Kriesi, 2011; Settersten et al., 2005).

Romania, Germany, and Sweden provide analytically productive contrasts. Romania combines high home ownership, a thin social-rental sector, marked territorial inequality, and a family-centred mode of risk absorption. Germany represents a continental welfare configuration with vocational coordination, social insurance, and a large rental market, although access varies by locality, qualification, and administrative status. Sweden institutionalises individualised entitlements, extensive services, and early residential separation, while metropolitan queues and a segmented housing system complicate the ideal type. These are not homogeneous national cultures. Each contains class, gender, regional, migration, and disability inequalities, and each has changed during the period analysed.

The article asks three questions. First, how do the timing and gender patterning of residential independence differ across the three countries? Second, how are these differences associated with education-to-work transitions and housing conditions? Third, what policy architecture could reduce involuntary delay without imposing one normative timetable of adulthood? The contribution is conceptual as well as empirical: it distinguishes formal departure from substantive autonomy and proposes a three-dimensional evaluation based on temporal control, material security, and the capacity to reverse decisions without catastrophic loss.

This argument matters beyond youth policy. Delayed or insecure transitions affect fertility intentions, partnership stability, geographic mobility, political trust, and the distribution of care between generations. When the family becomes the default lender, landlord, employment buffer, and welfare office, inequalities in parental income and housing wealth are transmitted into the next generation. In Romania, migration additionally reshapes family resources through remittances, absences, transnational obligations, and uneven local development; earlier work on the social costs of migration shows why private transfers cannot be treated as costless substitutes for public protection (Feraru, 2019). A comparative approach makes visible which burdens are privately absorbed and which are socialised through institutions.

1.1. Theoretical and Conceptual Framework

1.1.1. Life Course, Individualisation, and Bounded Agency

Life-course sociology treats transitions as trajectories embedded in historical time, institutional schedules, and linked lives. Events acquire meaning through their timing, duration, order, and relation to other people's biographies. The notion of linked lives is especially important: a young adult's 'independence' may depend on parental housing, unpaid care, guarantees, transfers, or inheritance. Decisions are thus relational rather than atomistic. Cohort location also matters. Those entering adulthood after the global financial crisis, during the COVID-19 disruption, or amid rapid housing inflation faced opportunity sets different from those of previous cohorts, even within the same national regime (Elder et al., 2003; Settersten et al., 2005).

Arnett's (2000) concept of emerging adulthood captured the extended exploration visible in affluent societies, but it risks universalising a resource-intensive experience. Exploration presupposes time, mobility, and a safety net. For affluent graduates, a temporary contract or return home can be strategically reversible; for a rural early school leaver, the same events may represent cumulative exclusion. The relevant distinction is not between autonomous and dependent persons but between supported experimentation and constrained waiting. Bounded agency names this interaction: people interpret options and pursue projects, yet their feasible choices are structured by institutions and unequal resources (Evans, 2007).

De-standardisation also requires careful interpretation. The decline of a universal sequence does not abolish social patterning; it can intensify it. Privileged young adults individualise through choice, while disadvantaged young adults experience fragmentation through constraint. Reversibility is similarly stratified. A 'boomerang' return can preserve wellbeing when a family owns a spacious dwelling, but it can generate overcrowding, conflict, and curtailed privacy in a poor household. Comparative research shows that leaving-home patterns depend on resources, partnership trajectories, and national opportunity structures rather than on age alone (Aassve et al., 2002; Billari & Liefbroer, 2010; Iacovou, 2010). Analysis must therefore move from average timing to the social quality of time spent in transition.

1.1.2. Welfare Regimes, Housing Systems, and Familialisation

Welfare-regime theory explains how states, markets, and families divide responsibility for social risks (Esping-Andersen, 1990). Its classical typology requires revision for youth because many entitlements are employment-based, household-tested, or conditional on prior contributions. Young adults frequently occupy the institutional margins: they have limited contribution records, unstable earnings, and statuses that move between student, worker, unemployed person, and dependent family member. Whether benefits are individualised or assessed through the parental household directly affects the feasibility of leaving home.

Familialisation refers to institutional arrangements that assign welfare provision to kin, whether explicitly through law or implicitly through the absence of alternatives. In a strongly familialised transition regime, parents provide accommodation, food, care, cash, contacts, and crisis management. This support can be solidaristic, but it also produces dependency on the family of origin and magnifies inequalities between families. Defamilialising policies do not eliminate intergenerational relations; they make autonomy less contingent on parental wealth by providing services, income support, affordable housing, and accessible education (Saraceno & Keck, 2010).

Housing tenure is a crucial mediating institution. Owner-occupied systems with limited affordable rental options encourage young adults to postpone departure until they can form a stable partnership or access family-assisted ownership. Large rental sectors can facilitate mobility, yet affordability, regulation, deposits, discrimination, and supply determine who benefits. Sweden illustrates a paradox: individualised welfare supports early departure, while rent queues and housing shortages constrain location and quality. Germany's rental tradition lowers the normative pressure for immediate ownership, but urban affordability and income documentation can exclude precarious entrants. Romania's exceptionally high ownership rate largely reflects privatisation and inheritance, not universal liquidity or adequate dwelling quality.

Labour-market institutions interact with housing. Coordinated vocational systems can reduce uncertainty by linking credentials to occupations, whereas weak school-to-work bridges create periods of inactivity, informal work, or migration. Stable employment does not automatically secure housing where rents or prices rise faster than entry wages. The appropriate unit of comparison is therefore a transition regime: the institutional coupling of education, labour markets, housing, family norms, and social protection (Walther, 2006).

Table 1. Analytical profile of the three transition regimes

Dimension	**Romania**	**Germany**	**Sweden**
Dominant risk buffer	Family and owner-occupied dwelling	Social insurance, vocational institutions, rental sector	Individualised transfers and services
School-to-work linkage	Uneven; strong territorial segmentation	Relatively coordinated dual pathways	Broad participation; flexible but competitive entry
Housing access	Ownership-centred; small affordable rental sector	Large rental sector; urban affordability pressure	Rental queues and segmentation; strong early-leaving norm
Dependency pattern	Prolonged co-residence and intergenerational transfers	Mixed family and institutional support	Earlier formal independence, continued selective family support
Principal inequality mechanism	Parental housing wealth and locality	Credentials, migration status, city and contract security	Housing access, locality, and labour-market position

Note. The table presents ideal-typical mechanisms, not exhaustive descriptions of internally diverse national populations.

Source. Author's synthesis based on Esping-Andersen (1990), Walther (2006), Saraceno and Keck (2010), OECD (2024), and Eurostat indicators.

Sociological interpretation. The comparison shifts explanation away from national character. Each regime organises the same biographical tasks through a different allocation of risk; consequently, identical preferences can produce different transition timings and different degrees of substantive autonomy.

1.1.3. A Multidimensional Concept of Substantive Autonomy

Residential departure is observable and intuitively meaningful, but it is not equivalent to autonomy. This article defines substantive autonomy through three dimensions. Temporal autonomy is the capacity to choose the timing and ordering of major transitions rather than merely reacting to deadlines or crises. Material security is the capacity to meet ordinary needs without persistent deprivation, exploitative dependence, or excessive housing costs. Reversibility is the capacity to alter a decision—leave a job, end an unsafe relationship, change course, or return temporarily—without irreversible social descent.

The three dimensions can diverge. A Swedish student may leave home early yet face high rent and repeated short contracts; temporal autonomy is relatively high while material security is fragile. A Romanian graduate may have adequate consumption through parental co-residence but little privacy or geographic mobility; short-run material protection coexists

with limited temporal autonomy. A German apprentice may possess a credible occupational pathway but remain constrained by metropolitan housing. This framework prevents ranking countries on a single continuum and directs policy toward combinations of constraints.

2. METHOD

The empirical strategy is a structured comparative secondary analysis. The country selection follows a most-different-systems logic: Romania, Germany, and Sweden differ in welfare architecture, housing tenure, school-to-work coordination, and the institutional treatment of young adults, while all operate within the European Union's statistical and policy framework. The comparison is explanatory rather than causal in an experimental sense. It identifies patterned covariation and interprets it through established theories of transition regimes.

The quantitative component uses Eurostat annual series downloaded in August 2026, primarily covering 2015–2025. Six indicator families are employed: estimated average age of leaving the parental household (yth_demo_030); NEET rates for ages 15–29 (edat_lfse_20); employment of recent graduates aged 20–34, one to three years after education (tps00053/edat_lfse_24); early leavers from education and training aged 18–24 (sdg_04_10); overcrowding among ages 15–29 (ilc_lvho05a); and housing-cost overburden among ages 15–29 (ilc_lvho07a). Values are percentages except the leaving-home indicator, which is measured in years. Observed data points reproduce official Eurostat values. Dashed lines represent descriptive linear trends estimated from the observed annual values; no missing observations were imputed.

Indicator comparability is substantial but not perfect. Survey redesigns, breaks in series, sampling error, and changes in data collection can affect year-to-year movement; Germany's Labour Force Survey integration into the redesigned microcensus around 2020 is a notable caution. The 2025 availability of housing indicators can differ by country and series, so the latest common observation is used where necessary. NEET status combines heterogeneous situations—unemployment, care, illness, discouragement, and chosen inactivity—and must not be interpreted as a personal deficit. The mean age of home-leaving compresses repeated exits and returns into one estimate and does not measure financial independence.

The qualitative component draws on peer-reviewed life-course, welfare-regime, youth-transition, and intergenerational-support scholarship, supplemented by official EU and OECD documentation. Interpretation proceeds through triangulation: no single indicator is treated as decisive, and apparent advantages are examined for accompanying costs. Self-citation is used only where the author's prior research directly informs the Romanian discussion of migration and family-level risk absorption (Feraru, 2015, 2019). The study does not claim to measure individual motivations, and it avoids ecological inference from national averages to all young people.

Table 2. Operationalisation of the comparative indicators

Construct	Indicator	Population/unit	Analytical role
Residential timing	Mean age at leaving parental household	Young people; years	Observed timing of residential separation
Labour-market detachment	NEET rate	Ages 15–29; %	Exposure to weak education/work attachment
School-to-work conversion	Employment of recent graduates	Ages 20–34; %	Capacity to translate education into employment
Educational discontinuity	Early leavers	Ages 18–24; %	Risk of cumulative disadvantage
Housing quality	Overcrowding rate	Ages 15–29; %	Material and privacy constraints
Housing affordability	Cost overburden rate	Ages 15–29; %	Share spending at least 40% of disposable income on housing

Note. Age bands follow the official datasets and are not identical. Results are interpreted relationally rather than combined into a synthetic index.

Source. Eurostat datasets yth_demo_030, edat_lfse_20, tps00053, sdg_04_10, ilc_lvho05a, and ilc_lvho07a.

Sociological interpretation. The operationalisation distinguishes transition timing from transition quality. A country may display early departure but high cost exposure, or late departure but lower measured housing costs because young adults remain sheltered inside the parental household.

3. FINDINGS

3.1. Residential Timing: Three Institutional Calendars

The leaving-home series displays the clearest contrast. Romania remains a late-transition case, Germany occupies an intermediate position, and Sweden an early-transition position. The distance is sociologically substantial: it represents not merely several calendar years but different periods of access to privacy, mobility, partnership formation, and household decision-making. The stability of the ranking across the observed decade suggests that cyclical labour-market conditions alone cannot explain it. Persistent institutional arrangements and intergenerational expectations shape the calendar.

Romanian co-residence should not be reduced to traditionalism. Where entry wages are low relative to independent housing, affordable rentals are scarce, and family dwellings are the principal asset, remaining at home is rational. It converts housing wealth into an in-kind transfer and protects against unemployment or irregular earnings. Yet the protection is selective: it is strongest for young adults whose parents own adequate housing in opportunity-rich locations. Those in overcrowded or peripheral households may be protected from homelessness while simultaneously constrained in education, work search, and intimate life.

Sweden's early average reflects the institutional recognition of young adults as more individualised social citizens, a cultural expectation of residential separation, and education and rental arrangements that historically enabled departure. It does not imply an absence of family support. Transfers can continue after departure, and parental resources still influence neighbourhood, dwelling quality, and resilience. Germany's intermediate timing is consistent with a diversified rental sector and structured occupational pathways, but lengthy education, urban housing pressure, and regional variation prevent a uniformly rapid transition.

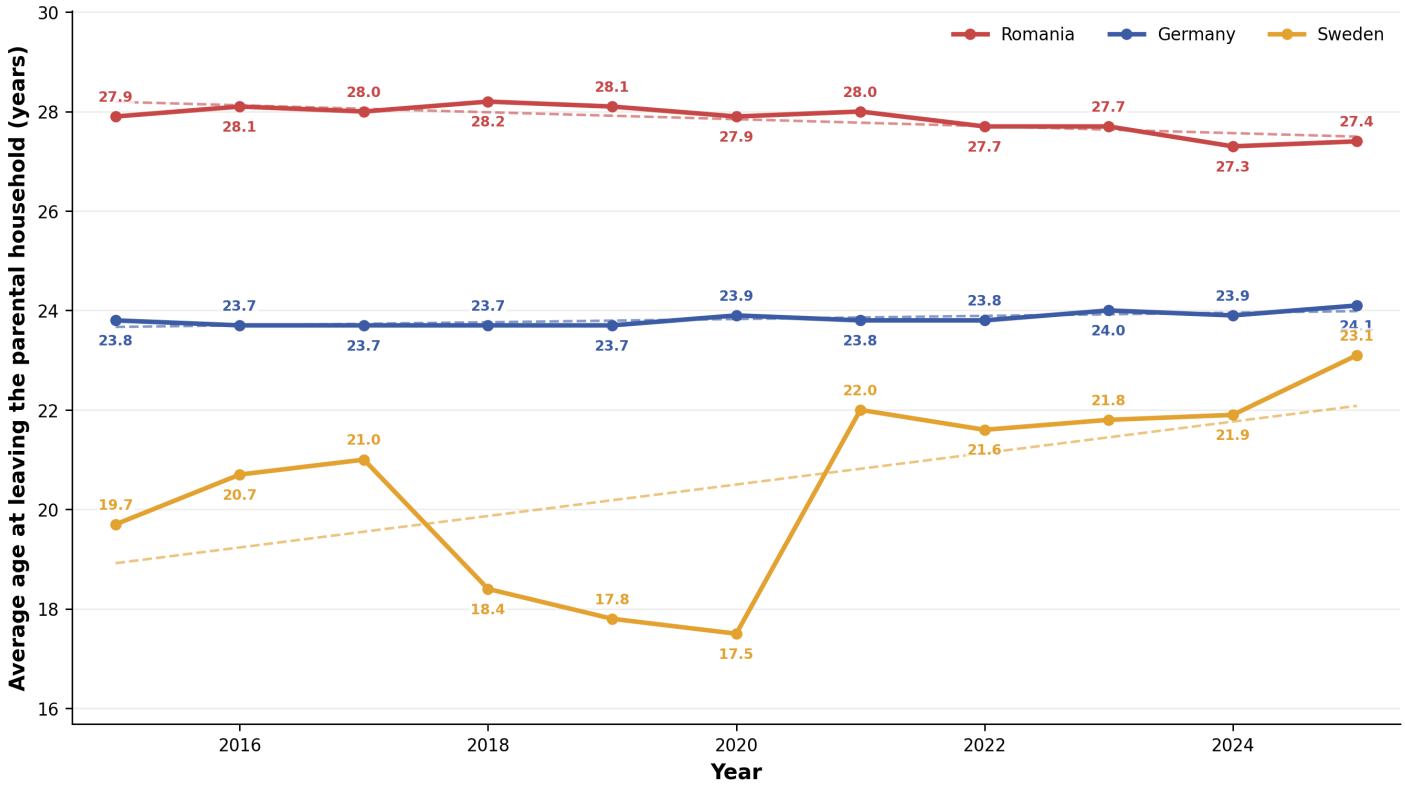


Figure 1. Estimated average age of leaving the parental household, 2015–2025

Note. Annual estimates for both sexes. Missing points, if any, are left blank; no interpolation is applied. Dashed lines show descriptive linear trends based on observed values.

Source. Eurostat, yth_demo_030 (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. The durable distance between countries indicates regime effects rather than a short-lived national mood. Romanian families absorb housing and labour-market risk through prolonged co-residence, Sweden institutionalises earlier separation, and Germany combines rental access with credential-dependent incorporation.

Table 3. Latest observed profile of residential independence

Country	Mean age, total	Men	Women	Gender gap
Romania	27.4	29.4	25.3	4.1
Germany	24.1	24.8	23.3	1.5
Sweden	23.1	23.5	22.6	0.9

Note. Latest available annual observation in the downloaded 2015–2025 series; values are years. The gender gap is calculated as men minus women.

Source. Author's calculations from Eurostat, yth_demo_030 (extracted August 2026).

Sociological interpretation. The gender gap is not a biological timetable. Its greater magnitude in Romania points to gendered routes into partnership, differential household expectations, and uneven opportunities for men and women to convert employment into residential independence.

3.2. Gendered Departure and Linked Transitions

Across Europe, men generally leave the parental household later than women, but the size of the gap varies greatly. Earlier female departure may be connected to partnership formation with older men, gendered educational mobility, and household expectations. It should not automatically be coded as emancipation: leaving the parental home through partnership may replace dependence on parents with economic dependence within a couple. Similarly, later male departure may reflect labour-market insecurity, norms concerning readiness to provide, or the availability of maternal domestic support.

Romania's wide gap is thus a relational indicator. It suggests that transition domains are more tightly bundled: leaving home, partnership, and the expectation of economic readiness often occur together. Sweden's small gap is consistent with a more individualised transition in which departure is less contingent on couple formation. Germany again lies between these poles. The contrast supports the claim that gender equality in transition timing depends on institutions that enable solo living, student mobility, and individually accessible support.

National means nevertheless hide divergent groups. Rural youth, Roma youth, young people with disabilities, migrants, and those leaving care encounter barriers not captured by the male/female average. Binary sex categories in official tables also cannot represent gender diversity. The value of the indicator lies in revealing a macro-pattern that demands further intersectional investigation, not in exhausting the explanation.

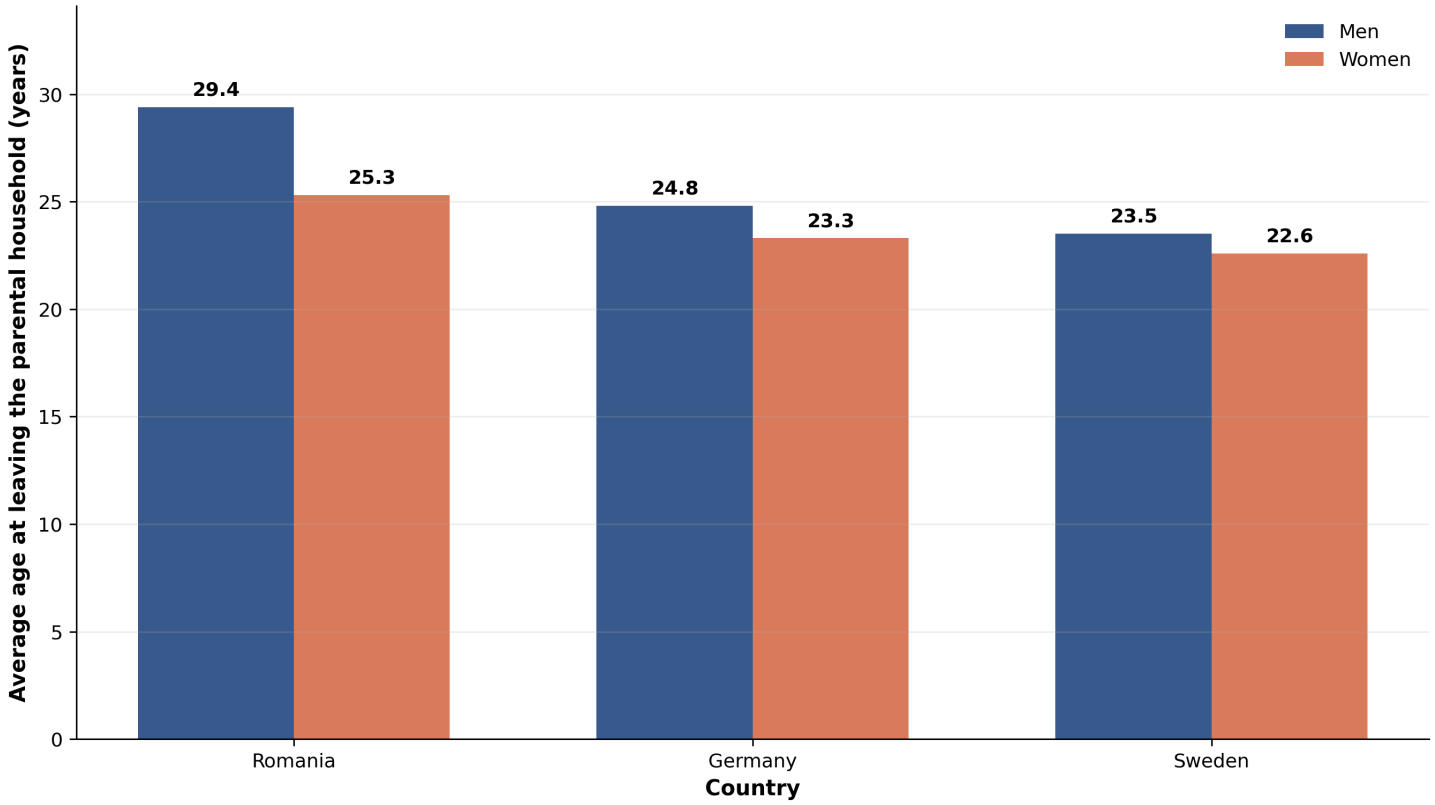


Figure 2. Average age of leaving the parental household by sex, latest available year

Note. Bars use the latest available observation for each country and sex in the downloaded series. The graphic **itself intentionally contains no title.**

Source. Eurostat, yth_demo_030 (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. A large gender gap indicates that residential transitions are more strongly coupled to gendered partnership and provider expectations. The narrow Swedish gap suggests that institutions make independent departure feasible on more similar calendars for women and men.

3.3. Education-to-Work Transitions and the Risk of Suspended Adulthood

NEET status captures a critical interruption in the institutional supports through which young people build income, credentials, and social networks. Romania's rate is persistently higher than those of Germany and Sweden and remains especially concerning at the end of the period. The category must be interpreted as an outcome of mismatches and barriers: local job scarcity, weak transport, care obligations, health limitations, discouraged search, discrimination, and interrupted education can all generate NEET status. Labelling young people as inactive without analysing these mechanisms individualises institutional failure.

Germany's comparatively low rate is consistent with stronger vocational coordination and employer-recognised pathways, although young people without credentials or with migration-related barriers remain exposed. Sweden combines broad educational participation with a labour market that can impose demanding entry standards; its aggregate performance should not obscure prolonged establishment among some migrant-origin and low-educated groups. Romania's territorial inequalities are decisive: a national percentage averages together dynamic urban centres and localities where education, transport, formal work, and housing options are jointly restricted.

The relationship between NEET status and leaving home is bidirectional. Limited income postpones departure, while remaining in a locality with few opportunities can restrict job search and network formation. Family accommodation reduces immediate housing costs but may also make institutional non-intervention less visible. In policy terms, a low homelessness rate achieved through compulsory family absorption is not equivalent to successful inclusion.

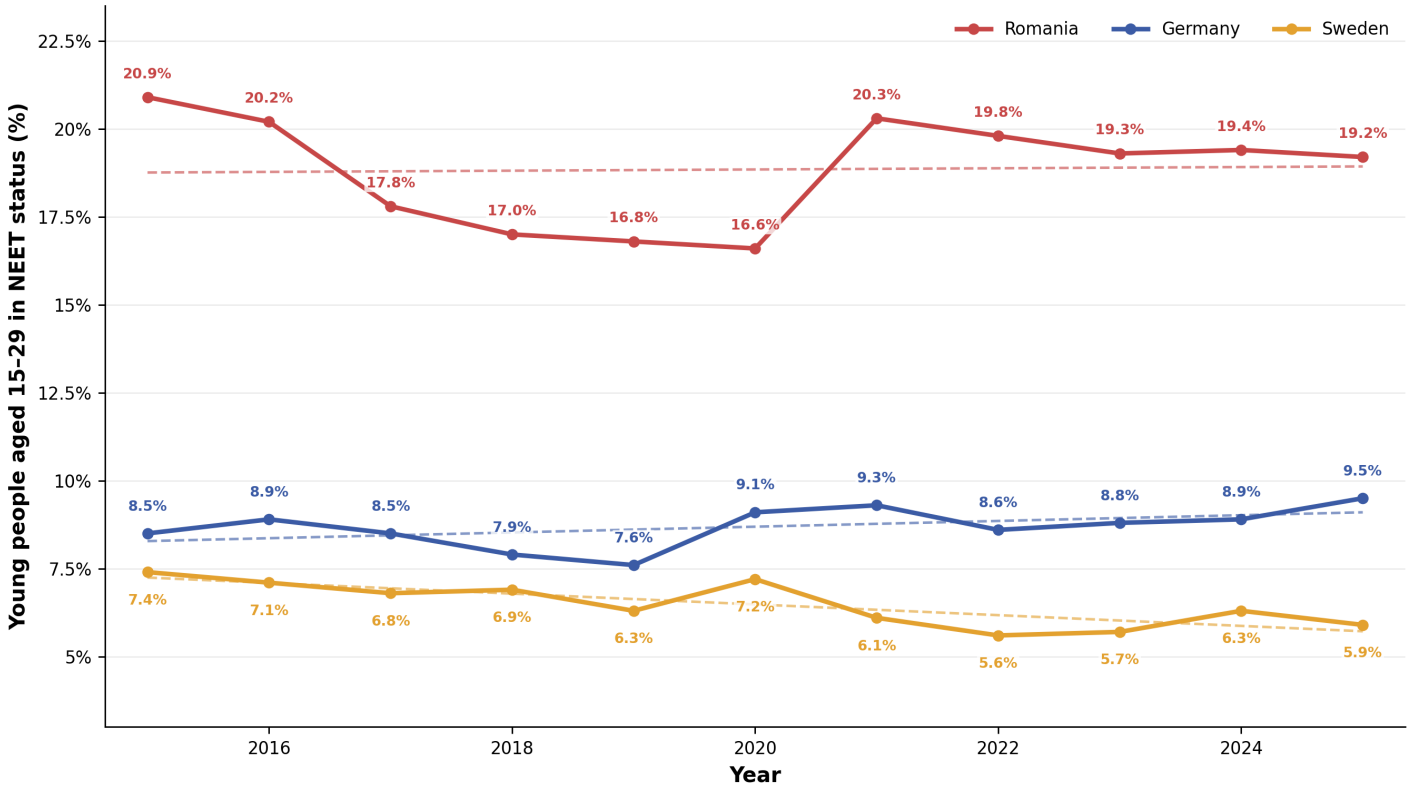


Figure 3. Young people neither in employment nor in education or training, 2015–2025

Note. NEET rate for ages 15–29, both sexes, not in formal or non-formal education or training; percent. Dashed lines show descriptive linear trends based on observed values.

Source. Eurostat, edat_lfse_20 (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. The Romanian trajectory shows that delayed adulthood is tied to institutional disconnection, not only housing preference. Lower aggregate rates in Germany and Sweden reflect stronger incorporation mechanisms, although within-country inequalities remain.

Recent-graduate employment offers a complementary view. It asks whether educational completion converts into employment within one to three years. High conversion reduces uncertainty and improves access to leases, credit, and geographic mobility. Low or volatile conversion signals that credentials alone do not guarantee incorporation. The indicator is sensitive to the composition of graduates and does not measure job quality, contract duration, occupational match, or earnings, but it reveals the institutional effectiveness of the education–employment bridge.

The comparison suggests that Germany's coordinated pathways deliver relative predictability, while Sweden maintains high employment alongside a more flexible transition environment. Romania has improved in parts of the period but remains exposed to mismatch and unequal regional opportunity. Emigration can improve individual employment prospects while removing skilled labour from local institutions and shifting support across borders. Feraru's (2015, 2019) analysis of Romanian migration is relevant here because mobility produces both household resources and social costs; it should not be treated as a frictionless national employment policy.

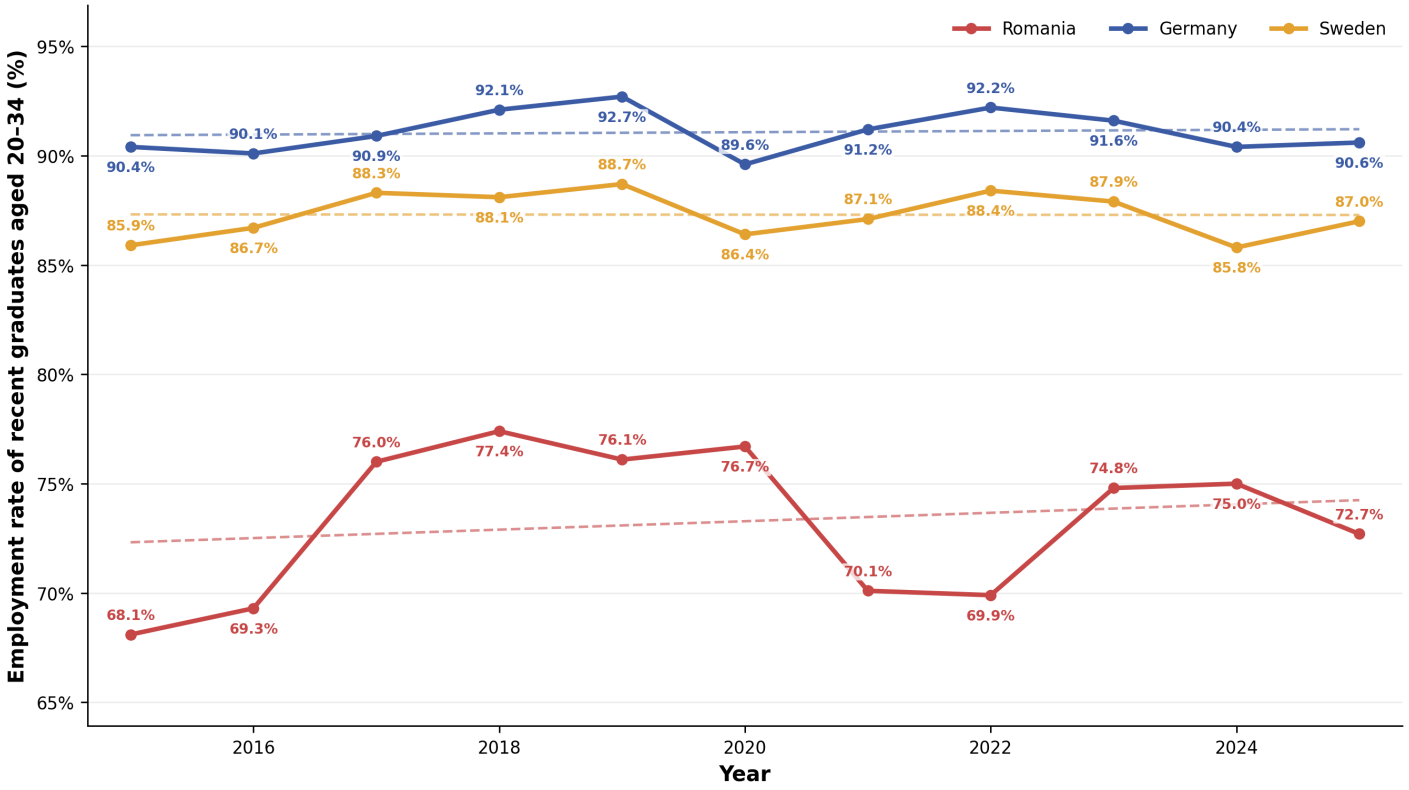


Figure 4. Employment rate of recent graduates, 2015–2025

Note. Employed persons aged 20–34 who completed education one to three years earlier; ISCED 3–8; both sexes; percent. Dashed lines show descriptive linear trends based on observed values.

Source. Eurostat, tps00053/edat_lfse_24 (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. The ability to transform credentials into employment is a key mechanism linking education to residential autonomy. Aggregate employment, however, may coexist with temporary contracts, low wages, or spatial mismatch, so it cannot independently certify a secure transition.

Table 4. Education and labour-market transition mechanisms

Mechanism	**Romania**	**Germany**	**Sweden**	**Implication for autonomy**
Credential-to-job linkage	Uneven by field and region	Strong occupational signalling through dual pathways	Broad education with competitive entry	Predictability affects leasing and departure decisions
Territorial opportunity	Sharp urban–rural disparities	East–west and metropolitan differences	Metropolitan and peripheral differences	Mobility requires affordable destination housing
Family response to risk	Accommodation, transfers, migration support	Supplement to institutional insurance	Supplement after early departure	Private support reproduces parental-resource inequality
Main exclusion risk	NEET persistence and informal/low-paid work	Non-completion and credential segmentation	Entry barriers and housing bottlenecks	Cumulative disadvantage delays substantive autonomy

Note. Mechanisms are interpretive syntheses and should not be read as attributes of every individual.

Source. Author's synthesis from Eurostat series, Buchmann and Kriesi (2011), Walther (2006), OECD (2024), and Feraru (2015, 2019).

Sociological interpretation. Transitions become delayed when risks cluster across institutions. Employment programmes without destination housing, or housing aid without credible income pathways, address only one link in a cumulative chain.

3.4. Educational Discontinuity as Cumulative Disadvantage

Early leaving from education is not merely an educational outcome. It changes exposure to unemployment, informality, low earnings, and geographic immobility over the life course. Romania's high rate signals a structural fault line connecting household poverty, school segregation, transport, rurality, and institutional capacity. The young people most likely to leave early are also least likely to possess parental resources that can transform co-residence into a platform for later mobility.

Germany and Sweden record lower national rates, but their institutional challenges differ. In Germany, securing a recognised qualification and successful placement remains decisive; those who fail to enter or complete a pathway face durable scarring. In Sweden, school completion and labour-market entry can be stratified by migration background and municipality. The comparative lesson is that low national averages do not eliminate boundary groups. Universal systems still require targeted bridges.

Educational discontinuity also changes the meaning of delayed departure. For a postgraduate student, co-residence may finance credential accumulation; for an early leaver without accessible training, it may mark blocked mobility. Any policy that treats all co-resident 25-year-olds as a homogeneous generation misses the radically different futures embedded in the same household arrangement.

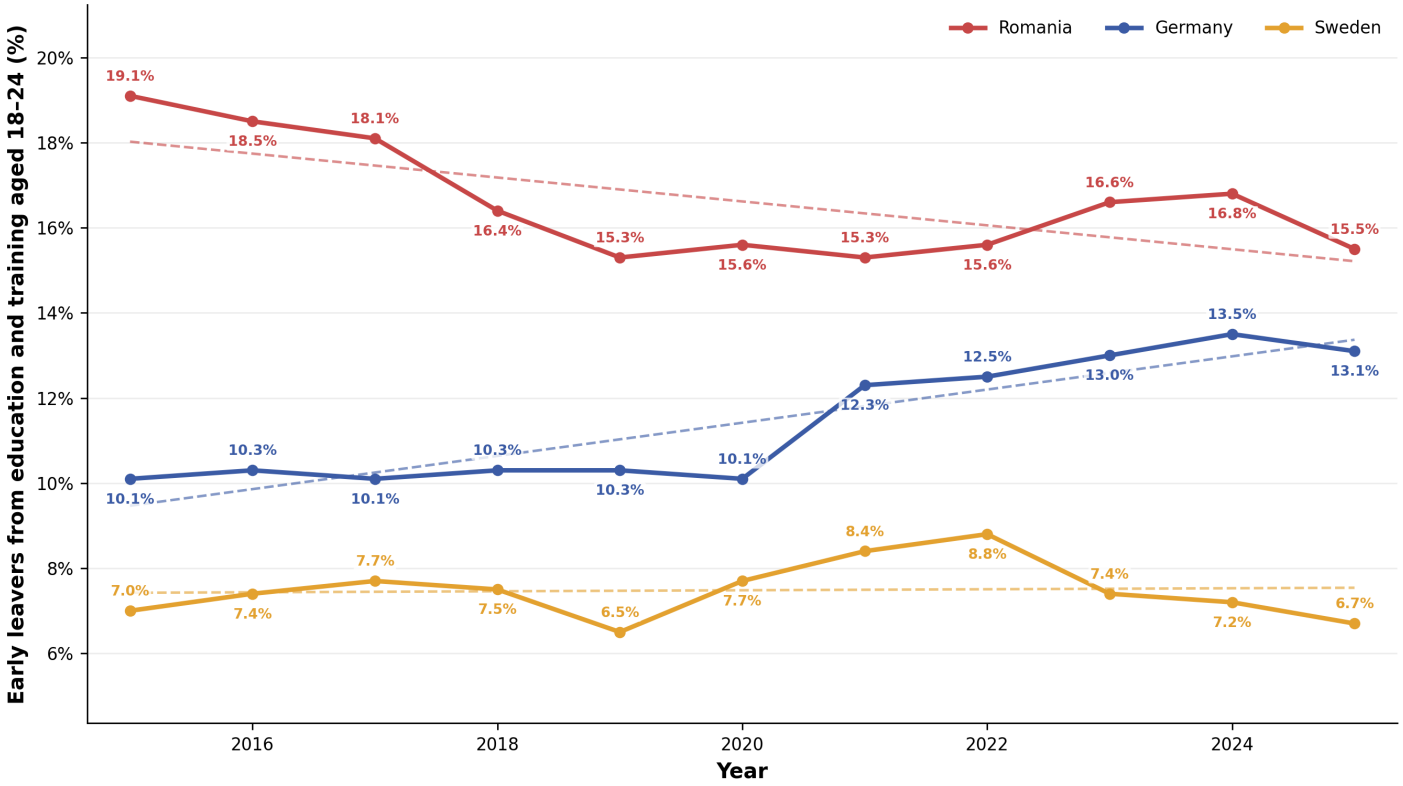


Figure 5. Early leavers from education and training, 2015–2025

Note. Share of persons aged 18–24 with at most lower-secondary education who were not in further education or training; both sexes; percent. Dashed lines show descriptive linear trends based on observed values.

Source. Eurostat, sdg_04_10 (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. Romania's elevated rate reveals how delayed adulthood can be generated before labour-market entry. Educational exclusion narrows occupational and residential options, making family dependence more durable and less voluntary.

3.5. Housing Quality: Protection Through Co-residence and Deprivation Within Co-residence

Overcrowding exposes the limit of treating the parental home as an unlimited welfare resource. Romania's very high youth rate means that prolonged co-residence frequently occurs under constrained space. Overcrowding reduces privacy, complicates study and remote work, intensifies domestic conflict, and can make partnership or parenthood within the household difficult. It is simultaneously a material deprivation and a relational condition.

Germany and Sweden show much lower overcrowding, yet their averages reflect different tenure and migration patterns. Recent migrants, low-income renters, and families in high-demand cities can experience substantially higher rates than nationals or owners. The national contrast should therefore be interpreted as unequal exposure, not as the absence of housing problems in the wealthier cases.

The Romanian combination of late departure and overcrowding is especially consequential. Family housing protects against direct market costs, but the cost reappears as lost privacy, compressed space, unpaid domestic labour, and restricted mobility. Conventional measures may understate this transfer because no explicit rent is paid. Sociologically, the family is subsidising the transition with dwelling space and relational work.

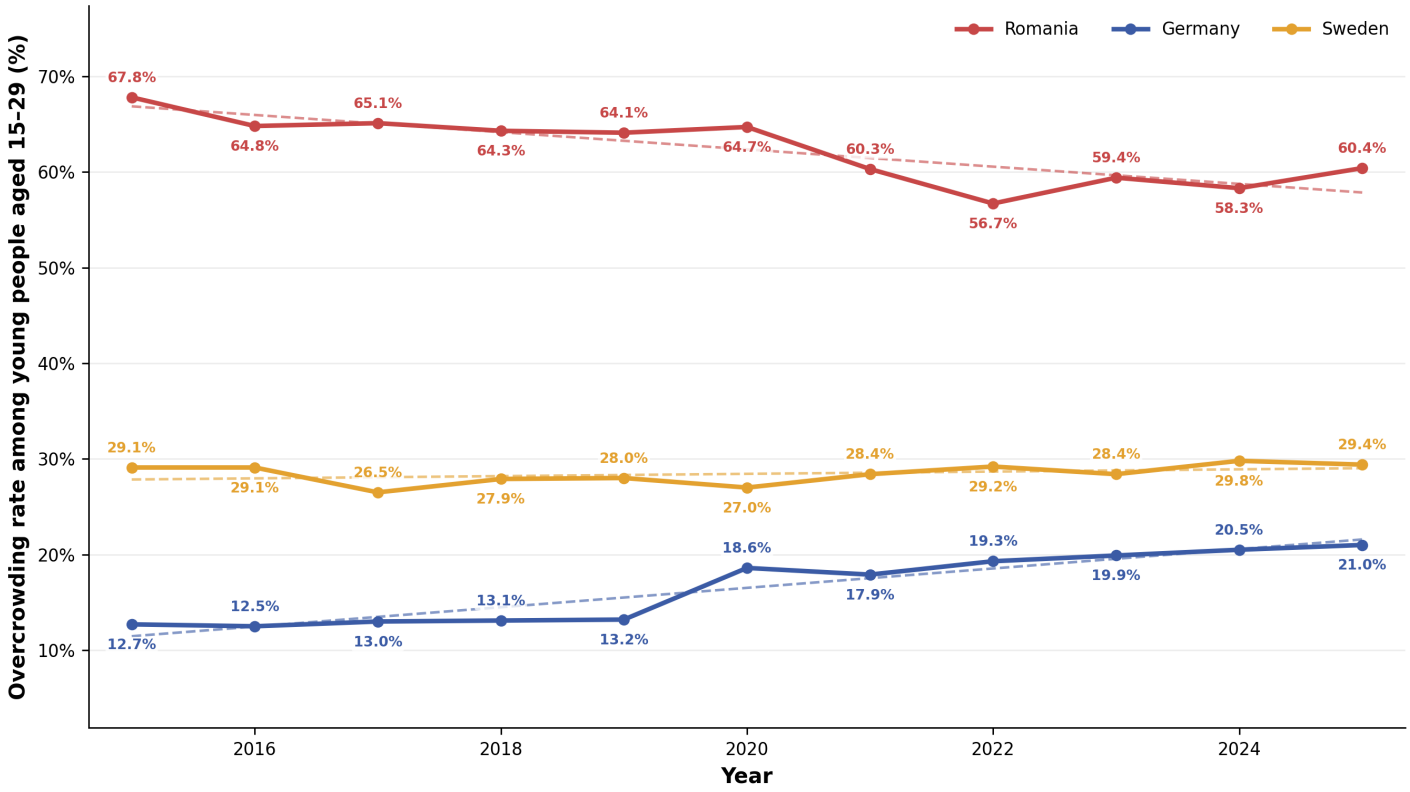


Figure 6. Overcrowding among young people aged 15–29, 2015–2025

Note. Both sexes, total population, percent. Overcrowding follows the Eurostat room-based definition. Dashed lines show descriptive linear trends based on observed values.

Source. Eurostat, ilc_lvho05a (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. The Romanian values demonstrate that remaining with parents cannot be assumed to provide adequate housing. What appears as family protection at the household boundary may involve significant deprivation and constrained autonomy inside the dwelling.

Table 5. Housing constraints and their sociological consequences

Constraint	Immediate effect	Life-course effect	Distributional consequence
High entry rent or deposit	Departure postponed or shared housing required	Delayed partnership and reduced mobility	Advantage to youth with parental guarantees
Overcrowded parental dwelling	Limited privacy, study, and remote-work space	Conflict and constrained household formation	Greater burden in low-income and large households
Mortgage dependence	Need for stable income and down payment	Coupling of work, partnership, and ownership	Transmission of housing wealth across generations
Rental queues/segmentation	Long search or secondary-market dependence	Uncertain location and repeated moves	Insider advantage and spatial inequality
Weak social-rental supply	Family becomes default provider	Prolonged involuntary co-residence	Privatisation of welfare responsibility

Note. The mechanisms may overlap; they describe pathways through which housing institutions shape transition timing.

Source. Author's synthesis based on Eurostat (2025), OECD Affordable Housing Database (2024), and comparative housing literature.

Sociological interpretation. Housing does not merely follow labour-market outcomes; it actively structures them. A young person unable to move to a job-rich locality may remain unemployed because housing access is blocked, creating a feedback loop between residence and work.

3.6. Affordability: The Hidden Price of Early Independence

Housing-cost overburden complicates any simple celebration of early departure. Young people who form independent households become directly visible in affordability statistics; those who remain with parents may be shielded from direct cost while contributing informally or accepting non-monetary constraints. Sweden and Germany can therefore exhibit earlier departure alongside meaningful cost exposure. Romania may show lower overburden for some youth precisely because departure is postponed or costs are pooled within owner-occupied family dwellings.

This selection effect is substantively important. Cross-national affordability rates are conditional on household formation. If only relatively secure Romanian youth leave home, the observed rate among young people can look less severe than the barriers faced by those who never enter the independent housing market. Conversely, a high Swedish rate can partly reflect the success of enabling lower-income youth to live separately, although it still represents real financial strain. Timing and affordability must be read together.

The threshold of 40 percent of disposable income identifies severe burden but does not capture deposits, guarantees, utility arrears, commuting trade-offs, or the quality of the dwelling obtained. Nor does it show parental transfers after departure. Nevertheless, the trend is essential because it identifies where residential autonomy may be formally achieved but materially fragile.

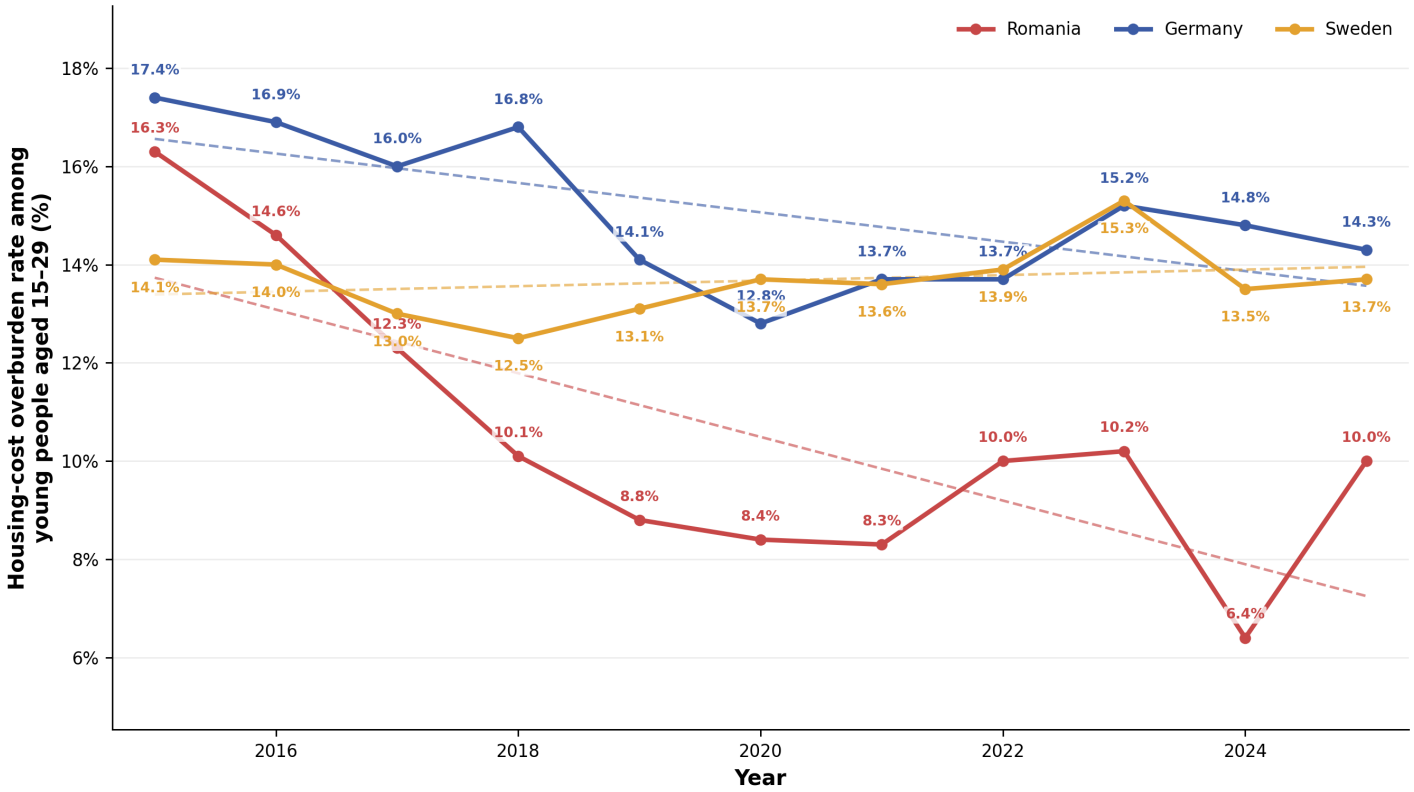


Figure 7. Housing-cost overburden among young people aged 15–29, 2015–2025

Note. Both sexes, total population, percent living in households where housing costs equal at least 40% of disposable income. Dashed lines show descriptive linear trends based on observed values.

Source. Eurostat, ilc_lvho07a (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. Earlier departure in Sweden and Germany entails direct market exposure, whereas Romanian co-residence can suppress measured overburden by pooling costs. Formal independence and economic security therefore diverge.

3.7. Shock, Resilience, and the Post-2019 Period

The post-2019 window includes the pandemic shock, labour-market disruption, remote education, and accelerated housing pressures. Yet the leaving-home ranking remains stable. The observation does not mean the shock was unimportant. National averages can remain similar while transitions become more reversible, postponed for specific cohorts, or dependent on emergency family transfers. The absence of a dramatic aggregate break is compatible with substantial individual turbulence.

Families performed crisis absorption in all three countries, but their institutional position differed. In Romania, existing reliance on co-residence made the household a primary containment and welfare unit. In Germany, employment protection and insurance moderated some income shocks, though young people in marginal jobs were vulnerable. In Sweden, individualised institutions preserved early separation for many, while isolated youth and precarious renters faced distinctive risks. Resilience therefore concerns who bears the adjustment cost, not only whether the mean returns to trend.

A life-course interpretation also cautions against short observation. A postponed first job or interrupted qualification can have scarring effects that appear later in earnings, family formation, and housing access. Policy evaluation should track cohorts and sequences rather than declare recovery when a single annual indicator normalises.

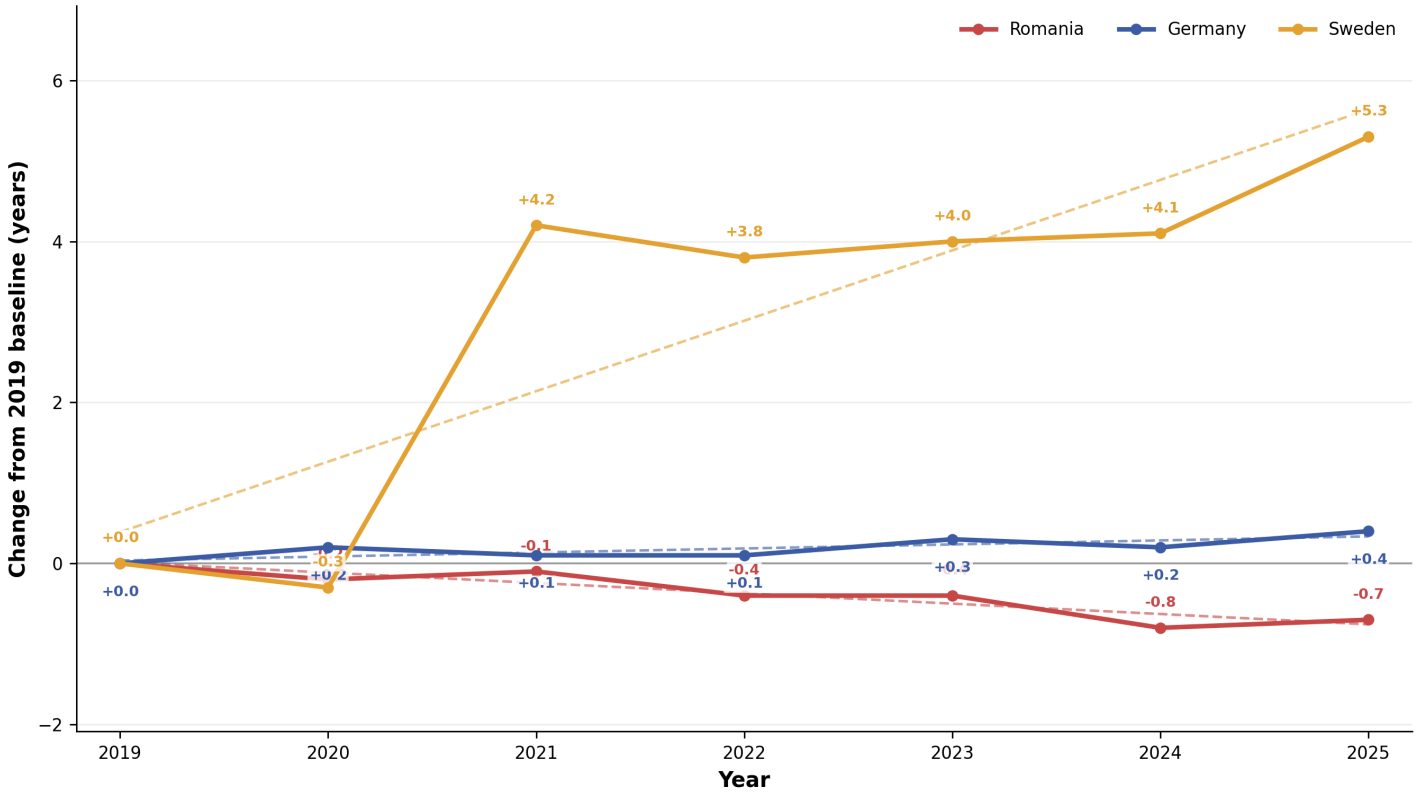


Figure 8. Change in residential-transition timing relative to 2019, 2019–2025

Note. Change in the estimated average age of leaving the parental household relative to each country's 2019 value, both sexes, measured in years. Positive values indicate later departure and negative values earlier departure. Dashed lines show descriptive linear trends; no causal attribution is made.

Source. Eurostat, yth_demo_030 (data extracted August 2026).

Sociological interpretation. Expressing change from a common national baseline avoids repeating Figure 1 and reveals the direction and magnitude of post-2019 adjustment. Different movements indicate that shocks were filtered through distinct institutional arrangements, even when the longer-term country ordering remained stable.

3.8. Comparative Synthesis: From National Averages to Transition Capabilities

Read jointly, the indicators identify different constraint bundles rather than a linear hierarchy. Romania's central problem is the concentration of risk: weak educational continuity for a sizeable minority, elevated labour-market disconnection, restricted rental alternatives, and overcrowded family housing can converge in the same biography. Germany more often separates these risks through occupational institutions and rental access, yet young people who fall outside recognised pathways can face an abrupt loss of protection. Sweden distributes support more individually and enables earlier departure, but independent households encounter affordability and allocation pressures directly. The relevant comparative outcome is consequently not the absence of dependence—an impossible standard in interdependent societies—but the availability of multiple non-degrading forms of support.

This synthesis also clarifies why policy transfer must be mechanism-sensitive. Importing a Swedish expectation of early departure into Romania without individualised income support and accessible rental supply would increase insecurity rather than autonomy. Replicating a German vocational instrument without employer capacity, transport, and territorial coordination could create formal programmes with weak placement power. Conversely, treating family solidarity as culturally sufficient overlooks the fiscal and emotional work already performed by households. Institutional learning should ask which mechanism a policy activates, which population can reach it, and which complementary institution is required for it to function.

A capability-oriented evaluation would track whether young adults possess a credible set of alternatives. Can they remain with parents without overcrowding or coercion? Can they leave without assuming unsustainable costs? Can they move for education or work, live alone if desired, and return temporarily without stigma or destitution? Can those without parental property access the same pathways as those with it? These questions convert autonomy from a symbolic milestone into a distributional standard. They also make visible groups excluded by average indicators, including care leavers, disabled youth, single parents, refugees, Roma communities, and young adults in remote regions.

The empirical patterns finally challenge the opposition between dependence and independence. All three regimes depend on intergenerational transfers, public infrastructure, and market institutions; they differ in the visibility and enforceability of those relations. Sweden makes more support publicly legible and individually claimable. Romania embeds more support in kinship and housing assets. Germany combines contribution-based entitlements, coordinated organisations, and family supplements. Substantive autonomy grows when necessary interdependence is organised so that it does not grant one actor—parent, partner, landlord, employer, or administrator—disproportionate power over a young person's life course.

Table 6. Integrated policy matrix for substantive autonomy

Policy domain	Romania: priority	Germany: priority	Sweden: priority	Cross-national principle
Housing	Expand affordable rental and youth-access schemes; renovate overcrowded stock	Increase supply in high-demand areas; protect low-income entrants	Reduce queues and secondary-market insecurity; expand accessible supply	Support people, places, and supply without inflating prices
Education–work	Prevent early leaving; strengthen rural transport and bridges to formal work	Guarantee transitions for non-completers and migrant-origin youth	Improve entry routes for low-qualified and migrant-origin youth	Combine universal provision with targeted bridges
Income support	Individualise access and reduce household-status penalties	Improve portability across student, training, and work statuses	Preserve individualisation while addressing high housing costs	Make support continuous across changing statuses
Services and mobility	Integrate employment, housing, digital, and transport access	Coordinate municipalities, employers, and housing providers	Coordinate labour-market and housing allocation reforms	Treat mobility as a capability, not an obligation
Monitoring	Disaggregate by region, gender, Roma status where ethical, disability, and household resources	Track credential, migration, and metropolitan inequalities	Track queues, tenure segmentation, migration, and locality	Measure sequences, returns home, quality, security, and parental transfers

Note. Recommendations follow from the comparative diagnosis and do not constitute costed programme designs.

Source. Author's synthesis informed by the empirical analysis, European Commission youth indicators, and OECD housing-policy evidence.

Sociological interpretation. No country needs to imitate another wholesale. Effective reform targets the institutional bottleneck that converts ordinary biographical uncertainty into durable dependence, while preserving plural legitimate pathways to adulthood.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

4.1. Discussion

The comparison supports five propositions. First, transition timing is institutionally produced. The persistent gap in home-leaving cannot plausibly be explained by preferences alone. Housing tenure, individualised entitlements, school-to-work

coordination, and the expected role of parents jointly shape feasible calendars. Culture matters, but it is enacted through material arrangements: norms of family closeness have different consequences when affordable rentals exist than when they do not.

Second, the family is both a resource and a mechanism of inequality. Romanian co-residence protects young adults from market exposure, yet high overcrowding and NEET rates reveal the limits of that protection. When public policy presumes that parents will provide, it delegates welfare to households without ensuring equal capacity. Parental ownership, income, health, locality, and migration history then determine young adults' options. The same mechanism operates in Germany and Sweden at lower intensity through guarantees, deposits, gifts, and housing contacts.

Third, early departure is an incomplete success metric. Sweden demonstrates how institutionalised autonomy can coexist with housing-cost pressure. Germany shows that structured employment pathways do not dissolve urban affordability barriers. Romania demonstrates that low direct cost can be achieved through postponed market entry and hidden household burdens. A credible indicator dashboard must combine timing with housing quality, affordability, employment security, and the distribution of parental transfers.

Fourth, gender gaps reveal the coupling of transitions. Romania's pronounced difference between men and women suggests that residential departure is more strongly linked to partnership and gendered economic expectations. Sweden's narrower gap indicates greater separation of the residential transition from couple formation. Policies that enable solo living, individual benefit access, safe mobility, and equal employment opportunity can loosen this coupling without prescribing when people should form families.

Fifth, disadvantage is cumulative and spatial. Early leaving, NEET status, low earnings, transport barriers, and housing exclusion reinforce one another. A training place in a distant city is not accessible if housing is unavailable; rental assistance is insufficient without an income pathway; employment activation is punitive if care, disability, or transport barriers are ignored. Integrated governance is therefore not administrative decoration but a causal requirement.

These findings refine the concept of delayed adulthood. Delay can be chosen, strategic, protective, or imposed. It can finance education, preserve care relationships, or prevent excessive housing costs. It becomes socially problematic when young people lack control over its duration, experience material or relational deprivation, and cannot reverse decisions safely. The normative goal is not universal early departure. It is equitable command over the timetable and conditions of transition.

The three-dimensional framework clarifies evaluation. Temporal autonomy asks whether a person can choose when to leave, study, work, partner, or return. Material security asks whether those choices meet adequate standards without excessive cost or deprivation. Reversibility asks whether experimentation is survivable. Policies can improve one dimension while harming another: stricter benefit conditionality may accelerate employment but reduce safe reversibility; mortgage subsidies may hasten purchase but raise prices; rapid departure without affordable supply may increase cost burden. Balanced reform requires explicit attention to trade-offs.

The role of migration warrants particular caution in Romania. Emigration can provide earnings and remittances that finance dwellings or education, but it can also separate family members, redistribute care, and deepen regional labour shortages. Feraru (2015, 2019) documents these ambivalent social costs. Migration should expand genuine capability, not serve as the only available route to adulthood. Policies that rely implicitly on exit export institutional problems and privatise adaptation across transnational families.

At the European level, coordination can improve comparability, minimum standards, portability, and investment, but implementation remains national and local. The EU cannot erase housing-system histories through a single instrument. It can, however, support affordable supply, youth guarantees that connect to actual jobs, anti-discrimination enforcement, cross-border benefit portability, and richer longitudinal data. National averages should be supplemented by cohort and sequence analysis, while qualitative research should investigate how young adults themselves interpret dependence, privacy, obligation, and risk.

Several limitations define the claims. Ecological comparison cannot identify individual causal effects. The country set is theoretically selected and not representative of every European regime. Survey indicators use different age bands and may contain breaks. Means conceal distribution, and the analysis cannot directly measure household bargaining, parental transfers, sexual orientation, or repeated exits and returns. These limitations do not invalidate the pattern; they specify a

research agenda involving longitudinal microdata, multilevel models, and interview-based comparison across regions and social groups.

4.2. Conclusion and Recommendations

Romania, Germany, and Sweden organise adulthood through distinct institutional settlements. Romania's late residential transition is intertwined with familial risk absorption, educational discontinuity, labour-market detachment, and severe overcrowding. Germany offers more coordinated employment pathways and a broad rental tradition but remains constrained by credential segmentation and metropolitan affordability. Sweden enables early departure and a comparatively gender-equal timetable, while exposing independent young households to housing costs, queues, and market segmentation. No case is reducible to success or failure on one scale.

The central conclusion is that delayed adulthood is a relational and institutional outcome. Young people do not simply choose an age at which to become independent; they negotiate a bundle of risks distributed among families, markets, and states. The same observed act—remaining at home, leaving early, returning—has different meanings depending on housing quality, income security, family resources, and reversibility. Academic and policy debate should replace moralised generational narratives with analysis of feasible options.

Three recommendations follow. First, evaluate youth transitions through multidimensional dashboards that link timing, job quality, education continuity, housing affordability and quality, parental transfers, and return trajectories. Second, design portable, individualised support that follows young people across education, training, employment, unemployment, and household statuses. Third, integrate housing supply, transport, education, employment, and social services territorially. The objective is neither to push young people out of the family home nor to subsidise indefinite dependence; it is to make departure, staying, and return genuinely selectable under dignified conditions.

For Romania, the most urgent sequence is prevention of early educational exit, credible school-to-work bridges outside major cities, affordable rental development, and renovation that reduces overcrowding. Germany should focus on inclusive qualification routes and housing access in high-demand labour markets. Sweden should protect the gains of individualised citizenship while addressing rental queues, insecure subletting, and cost pressure. Across all three countries, policy must recognise that intergenerational solidarity is valuable precisely when it is chosen and reciprocal, not when it compensates for institutional absence.

A high-level comparative sociology of adulthood must finally take young people's time seriously. Years spent waiting for a contract, a dwelling, recognition of a qualification, or an adequate income are not empty intervals. They redistribute life chances, alter family relations, and accumulate advantage or disadvantage. The most equitable society is not necessarily the one in which everyone leaves home youngest; it is the one in which social origin least determines whether a person can build, revise, and sustain an adult life.

REFERENCES

Aassve, A., Billari, F. C., Mazzuco, S., & Ongaro, F. (2002). Leaving home: A comparative analysis of ECHP data. *Journal of European Social Policy, 12*(4), 259–275. https://doi.org/10.1177/a028430

Arnett, J. J. (2000). Emerging adulthood: A theory of development from the late teens through the twenties. *American Psychologist, 55*(5), 469–480. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.5.469

Billari, F. C., & Liefbroer, A. C. (2010). Towards a new pattern of transition to adulthood? *Advances in Life Course Research, 15*(2–3), 59–75. https://doi.org/10.1016/j.alcr.2010.10.003

Buchmann, M. C., & Kriesi, I. (2011). Transition to adulthood in Europe. *Annual Review of Sociology, 37*, 481–503. https://doi.org/10.1146/annurev-soc-081309-150212

Elder, G. H., Jr., Johnson, M. K., & Crosnoe, R. (2003). The emergence and development of life course theory. In J. T. Mortimer & M. J. Shanahan (Eds.), *Handbook of the life course* (pp. 3–19). Springer.

Esping-Andersen, G. (1990). *The three worlds of welfare capitalism*. Princeton University Press.

Eurostat. (2025). *Young people—Housing conditions*. European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Young_people_-_housing_conditions

Eurostat. (2026a). *Early leavers from education and training by sex* [Data set: sdg_04_10]. European Commission. https://doi.org/10.2908/SDG_04_10

Eurostat. (2026b). *Employment rates of recent graduates* [Data set: tps00053]. European Commission. https://doi.org/10.2908/TPS00053

Eurostat. (2026c). *Estimated average age of young persons leaving the parental household* [Data set: yth_demo_030]. European Commission. https://doi.org/10.2908/YTH_DEMO_030

Eurostat. (2026d). *Housing cost overburden rate by age, sex and poverty status* [Data set: ilc_lvho07a]. European Commission. https://doi.org/10.2908/ILC_LVHO07A

Eurostat. (2026e). *Overcrowding rate by age, sex and poverty status* [Data set: ilc_lvho05a]. European Commission. https://doi.org/10.2908/ILC_LVHO05A

Eurostat. (2026f). *Young persons neither in employment nor in education and training by labour status* [Data set: edat_lfse_20]. European Commission. https://doi.org/10.2908/EDAT_LFSE_20

Evans, K. (2007). Concepts of bounded agency in education, work, and the personal lives of young adults. *International Journal of Psychology, 42*(2), 85–93. https://doi.org/10.1080/00207590600991237

Feraru, P. D. (2015). *Religie și migrație în România contemporană: Studiu de caz: Românii din Italia*. Lumen.

Feraru, P. D. (2019). *Costuri sociale ale migrației externe din România* (2nd ed.). Lumen.

Iacovou, M. (2010). Leaving home: Independence, togetherness and income. *Advances in Life Course Research, 15*(4), 147–160. https://doi.org/10.1016/j.alcr.2010.10.004

OECD. (2024). *OECD Affordable Housing Database*. https://www.oecd.org/en/data/datasets/oecd-affordable-housing-database.html

Saraceno, C., & Keck, W. (2010). Can we identify intergenerational policy regimes in Europe? *European Societies, 12*(5), 675–696. https://doi.org/10.1080/14616696.2010.483006

Settersten, R. A., Jr., Furstenberg, F. F., Jr., & Rumbaut, R. G. (Eds.). (2005). *On the frontier of adulthood: Theory, research, and public policy*. University of Chicago Press.

Walther, A. (2006). Regimes of youth transitions: Choice, flexibility and security in young people's experiences across different European contexts. *Young, 14*(2), 119–139. https://doi.org/10.1177/1103308806062737

THE INVISIBLE WORK OF CARE: A EUROPEAN COMPARATIVE ANALYSIS OF GENDER INEQUALITIES AND INTERGENERATIONAL SOLIDARITY

PhD Petronela Daniela FERARU

National College Iași and 'Ion Neculce' High School, Târgu Frumos, Romania, Sociology, daniela_feraru_p@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-8954-6336

Abstract

Care is indispensable to social continuity yet remains systematically undervalued because much of it is unpaid, feminised, and performed inside households. This article compares Romania, Germany, Italy, and Sweden as contrasting Eastern, continental, Southern, and Nordic care configurations. It integrates social-reproduction theory, care-regime scholarship, and intergenerational-solidarity research with secondary analysis of harmonised Eurostat series on gender employment gaps, part-time work, care-related inactivity, childcare, demographic ageing, long-term-care capacity, and family-policy expenditure. The findings identify distinct mechanisms rather than a single hierarchy. Sweden combines extensive childcare and long-term-care capacity with comparatively small employment inequalities, although service access and labour-market segmentation remain relevant. Germany displays substantial institutional provision but a persistent female part-time model. Italy combines moderate childcare expansion with a wide employment gap and strong familial responsibility. Romania records low formal childcare and long-term-care capacity, a wide employment gap, and unusually low reported part-time employment, indicating that unpaid care is accommodated through labour-market withdrawal, informality, migration, and intensive family substitution rather than negotiated reduced hours. Intergenerational solidarity is therefore neither intrinsically protective nor oppressive: its consequences depend on whether public institutions complement family reciprocity or convert it into compulsory availability. The article advances a relational concept of care citizenship and proposes a policy sequence joining service expansion, decent care employment, gender-equal leave, portable support, and recognition of transnational care chains.

Keywords: Care work, gender inequalities, intergenerational solidarity, welfare regimes, social policies

1. INTRODUCTION

No society reproduces itself through paid production alone. Children must be nurtured, dependent adults assisted, households maintained, emotions regulated, appointments coordinated, and frailty accompanied. These activities create the bodily, cognitive, and relational capacities on which economies depend. Yet conventional accounts place care at the edge of economic life, treating it as a private expression of affection or an endlessly renewable female resource. The resulting invisibility is institutional rather than accidental: national accounts incompletely register unpaid work, social-insurance systems privilege continuous employment, and organisations reward workers whose domestic needs are managed elsewhere (Folbre, 2001; Fraser, 2016).

The invisibility of care does not mean that its consequences are hidden. It is observable in interrupted careers, part-time employment, low pensions, time poverty, delayed fertility, unmet need, migrant separation, and unequal exposure to exhaustion. Gender remains the major organising axis because women are more often positioned as default carers, even where labour-force participation is high. Class, migration status, ethnicity, disability, locality, and household composition then determine whether care can be purchased, shared, postponed, or must be personally supplied. A comparative sociology of care must therefore analyse both distribution between women and men and stratification among women.

Population ageing intensifies the issue without creating it. Longer lives can deepen intergenerational relationships, but longevity also increases the number of years in which families coordinate chronic illness, disability, and frailty. Simultaneously, smaller families, geographical mobility, unstable employment, and transnational migration reduce the availability of a continuously present relative. The apparent demographic problem is consequently an institutional allocation problem: who is expected to provide time, who pays, and what happens when family capacity is exhausted (Saraceno & Keck, 2010).

European welfare states answer these questions differently. Nordic arrangements have traditionally emphasised services, individual social rights, and high female employment. Continental systems combine social insurance with occupational and family-based differentiation. Southern systems attach extensive responsibility to kin while formal services remain uneven.

Eastern European systems carry socialist legacies of female employment and childcare together with post-socialist retrenchment, low care wages, outward migration, and renewed familialism. These labels are analytical starting points rather than immutable cultures (Bettio & Plantenga, 2004; Leitner, 2003).

Romania, Germany, Italy, and Sweden are selected to reveal how comparable needs are translated into different biographies. Germany and Italy show that similar ageing pressures can coexist with divergent labour-market inclusion and service architectures. Sweden illustrates a service-intensive model without eliminating all inequalities. Romania reveals a configuration in which low formal capacity and extensive migration relocate care across households and borders. Comparing four cases prevents the analysis from collapsing Europe into a North–South dichotomy.

The article asks four questions. How do care institutions shape gender inequalities in employment and working time? How do childcare, long-term-care infrastructure, and family-policy allocations differ across the cases? How does intergenerational solidarity change when public support is extensive or residual? Which policy sequence can reduce care deficits without commodifying every intimate relation? The argument is that family solidarity becomes socially sustainable when institutions make it optional, supported, and negotiable; it becomes a vector of inequality when services are absent and moral obligation substitutes for enforceable rights.

The contribution is threefold. Theoretically, it connects social reproduction with welfare-regime and intergenerational-solidarity approaches. Empirically, it triangulates seven official datasets rather than relying on a single employment indicator. Normatively, it develops care citizenship: the right to receive appropriate care, to provide care under dignified conditions, and to participate in paid work and public life without a gendered penalty. This framework recognises dependency as a normal human condition rather than an exception assigned to private households.

1.1. Theoretical and Conceptual Framework

1.1.1. Social Reproduction and the Ethics of Care

Social-reproduction theory identifies the work through which labour power and social relations are renewed across days and generations. Cooking, cleaning, emotional support, education, and bodily assistance are not residual activities after the ‘real’ economy closes; they are conditions of production. Capitalist institutions nevertheless externalise much of their cost to households, while fiscal restraint can intensify that transfer by reducing services. Fraser (2016) describes this as a contradiction between an economy dependent on care and accumulation processes that undermine care capacities.

Care also exceeds a list of tasks. Tronto (1993) conceptualises it as noticing need, accepting responsibility, providing competent assistance, and evaluating response. This relational sequence exposes power: some needs are recognised as legitimate, some carers can refuse, and some recipients are expected to accept whatever families can provide. Daly and Lewis (2000) therefore define social care as an activity and a set of relations located at the intersection of state, market, family, and voluntary sectors.

An ethics of care challenges the fiction of the autonomous, continuously productive adult. Everyone gives and receives care at different stages, although institutions distribute dependency unequally. Recognition alone is insufficient, however. Celebrating devotion can romanticise unpaid female labour. Justice requires recognition, redistribution, representation in decisions, and material conditions that permit carers to maintain health, income, and an independent identity (Tronto, 2013).

1.1.2. Care Regimes, Familialism, and Gendered Employment

Care regimes describe how responsibility is allocated among households, public services, markets, and community organisations. The concept corrects classical welfare-regime analysis, which often treated families as sources of welfare without examining who performed the work. Feminist revisions demonstrate that social rights must be assessed by women’s capacity to sustain an autonomous household and by the extent to which policy reduces obligatory family care (Lewis, 1992; Orloff, 1993).

Leitner (2003) distinguishes forms of familialism by examining whether policy supports family care, substitutes services for it, or leaves families unsupported. Supported familialism may compensate carers while retaining gendered expectations. Defamilialisation through accessible services can expand employment, yet low-paid market provision may simply transfer work to poorer or migrant women. The key question is not whether care is public or private in name, but whether carers and recipients possess meaningful alternatives.

Part-time work illustrates this ambiguity. It can be a negotiated instrument that preserves employment during intensive care periods, but it can also institutionalise a secondary-worker model with lower wages, training, pensions, and authority. Very low part-time employment is not automatically egalitarian: where reduced-hours jobs are unavailable or poorly protected, women may exit employment entirely, rely on informal work, or combine full-time work with a double shift. Indicators must therefore be interpreted as configurations.

Services have distinct temporal effects. Childcare synchronises family time with employment and education; long-term care changes whether middle-aged daughters must withdraw from work; respite services affect carers' health; and predictable home-care visits reduce coordination burdens. Coverage alone does not guarantee equality if opening hours, fees, quality, distance, or eligibility rules exclude those with the least bargaining power.

1.1.3. Intergenerational Solidarity, Migration, and Cumulative Disadvantage

Intergenerational solidarity includes affection, association, normative commitment, functional exchange, and structural opportunity. Families exchange money, housing, childcare, personal assistance, and emotional support in both directions. These exchanges are not simple evidence of cohesion. They take place within unequal resources and moral expectations; daughters, daughters-in-law, grandmothers, and migrant women often carry the most time-intensive obligations.

Public provision can crowd in rather than crowd out family solidarity. When professionals provide technically demanding or continuous assistance, relatives can concentrate on companionship and chosen support. Where services are absent, solidarity becomes compulsory substitution, and conflict or neglect may emerge from overload rather than lack of affection. The sociologically relevant contrast is therefore complementary versus substitutive intergenerational care.

Migration creates transnational care chains. A Romanian woman caring for an older person in Italy or Germany may finance relatives at home while transferring her own childcare or eldercare to grandparents and other women. Receiving countries alleviate labour shortages, sending households gain income, but emotional absence, fragmented entitlements, and future pension insecurity are displaced across borders. Feraru's (2015, 2019) work on Romanian migration is relevant because it documents how economic gains coexist with relational and social costs.

Care inequalities accumulate over the life course. Reduced hours and employment interruptions lower earnings, promotion, contributions, and pensions; lower pensions then reduce the capacity to purchase care in old age. A policy that solves immediate scheduling without protecting long-term entitlements merely postpones the penalty. Care regimes therefore produce both present distributions of time and future distributions of dependency.

Table 1. Comparative analytical profile of the four care regimes

Dimension	**Romania**	**Germany**	**Italy**	**Sweden**
Regime emphasis	Post-socialist familialism; low formal capacity	Continental insurance; mixed services	Southern familialism; uneven services	Nordic service orientation
Typical labour response	Withdrawal, informality, migration, double shift	Female part-time employment	Low female employment and family substitution	High employment with public-service support
Childcare logic	Limited and territorially unequal	Expanded but availability varies	Expansion with regional gaps	Broad formal coverage
Older-person care	Family and migrant circulation; scarce beds	Insurance-supported mixed provision	Family care plus migrant care labour	Municipal services and institutional capacity
Central inequality	Locality, income, migration and gender	Working-time and occupational segmentation	Gender, region and family resources	Access, class and migrant labour segmentation

Note. The profiles are ideal types; internal regional, class, ethnic, and household variation remains substantial.

Source. Author's synthesis based on Bettio and Plantenga (2004), Leitner (2003), Saraceno and Keck (2010), and current official indicators.

Sociological interpretation. The cases differ less in whether families care than in the institutional conditions under which they do so. Public provision changes care from an unavoidable substitute into a more negotiable relationship.

2. METHOD

The study uses a structured, focused comparison of four European Union member states. Case selection is theoretical: each country approximates a distinct care-regime configuration while sharing supranational statistical definitions and policy coordination. National cases are not treated as bounded cultures. They are institutional constellations containing regional and intersectional differences, and the analysis seeks mechanisms rather than civilisational rankings.

Seven Eurostat datasets were downloaded in August 2026. The gender employment gap for ages 20–64 is drawn from sdg_05_30; part-time employment by sex from lfsa_eppga; formal childcare for children under three from tepsr_sp210; inactivity attributed to care responsibilities from sdg_05_40; the population aged 65 or more from tps00028; long-term-care beds from hlth_rs_bdltc; and family/children social-protection expenditure from spr_exp_ffa. Annual series cover 2015–2025 where available; infrastructure and expenditure figures use the latest reportable year.

The indicators illuminate different links in the care chain. Employment gaps measure unequal incorporation but not unpaid hours. Part-time rates describe working-time arrangements but not voluntariness or job quality. Care-related inactivity identifies an explicit reason among a restricted population, and some male country values are unavailable or statistically suppressed. Childcare participation records formal use rather than quality or unmet demand. Long-term-care beds capture one institutional component, excluding home care and informal provision. Expenditure as a share of GDP measures effort, not effectiveness.

Analysis proceeds in three stages. First, trends and current profiles are described without imputing missing values. Dashed trend lines are descriptive linear fits, not causal estimates or forecasts. Second, indicators are triangulated: part-time work is read alongside employment gaps, and ageing alongside long-term-care capacity. Third, observed configurations are interpreted through care-regime theory, social reproduction, and intergenerational solidarity. The heatmap normalises four dimensions within the four-country comparison and is explicitly not a universal welfare ranking.

The approach has limitations. Aggregate data cannot identify individual motives, household negotiations, service quality, unpaid-care intensity, or causal effects. Differences in survey implementation and breaks in series can affect comparability. National averages obscure regional inequalities, especially between northern and southern Italy, eastern and western Germany, metropolitan and peripheral Sweden, and Romanian urban and rural localities. Binary sex categories do not capture gender diversity. These limits are addressed by cautious language and by avoiding individual-level inference.

Ethically, secondary official statistics involve no direct contact with participants. The analytical risk lies in deficit framing. Accordingly, the article does not describe family carers as culturally backward, inactive people as unmotivated, or migrant care workers as an infinitely flexible labour reserve. Self-citation is limited to prior publications directly relevant to Romania's transnational care relations.

Table 2. Operationalisation and interpretive limits

Construct	Indicator and unit	Coverage	Interpretive boundary
Employment inequality	Female–male employment gap; percentage points	Ages 20–64, 2015–2025	Does not measure hours or unpaid work
Working-time adaptation	Part-time employment; % employed	By sex, age 20–64	Cannot distinguish choice from constraint
Care-linked exclusion	Care-related inactivity; % inactive wanting work	By sex, latest reportable	Restricted denominator; some suppressed values
Early-childhood support	Under-3 formal childcare; % children	At least one hour weekly	Use is not quality or unmet demand

Ageing pressure	Population aged 65+; %	2015 and 2025	Need varies within age groups
Formal older-care capacity	LTC beds per 100,000	Latest available	Excludes home and community care
Public allocation	Family/children expenditure; % GDP	Cash and in-kind, latest year	Spending is not distributional effectiveness

Note. Different age bands and latest years follow the official datasets; indicators are not merged into an inferential model.

Source. Eurostat metadata for the seven datasets listed above.

Sociological interpretation. Triangulation prevents a single statistic from becoming a moral judgement. Each measure gains meaning from its relation to service capacity, labour-market design, and demographic demand.

3. FINDINGS

3.1. Gender Employment Inequality as a Care-Regime Outcome

The gender employment gap separates the four cases sharply. In 2025 it was 18.7 percentage points in Romania and 19.1 in Italy, compared with 6.8 in Germany and 3.9 in Sweden. The ranking is not reducible to attitudes. Employment requires synchronisation among job schedules, service hours, transport, leave, and household bargaining. Where that coordination is delegated to families, the person with lower earnings or stronger normative obligation—usually a woman—absorbs the incompatibility.

Italy's gap is consistent with a long-standing combination of limited employment opportunity in some regions, uneven childcare, and extensive family responsibility. Romania reaches a similar gap through a different pathway: female employment inherited legitimacy from socialism, yet post-socialist labour restructuring, rural disadvantage, weak services, and migration fragmented institutional support. Equal expectations to work can coexist with unequal responsibility for care, producing withdrawal, informal activity, or a double burden.

Germany's smaller gap indicates stronger incorporation but not an ungendered model. Taxation, leave design, school schedules, and occupational structures have historically encouraged specialised household arrangements. Sweden's narrow gap is compatible with individualised rights and services, although gaps in earnings, occupations, management, and unpaid time remain beyond this indicator. Employment equality is therefore a necessary but insufficient measure of care justice.

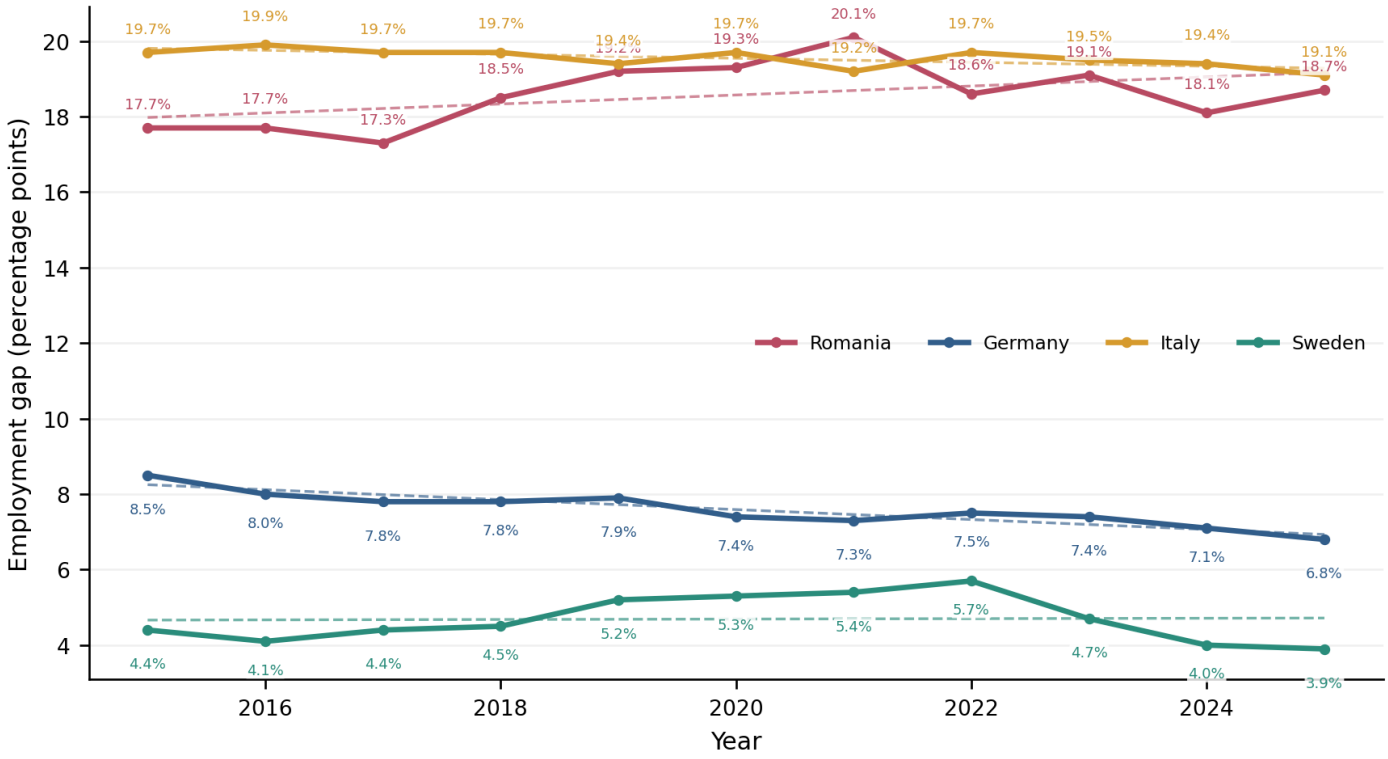


Figure 1. Gender employment gap among persons aged 20–64, 2015–2025

Note. Percentage-point difference between women's and men's employment rates. Every annual observation is labelled; dashed lines represent descriptive linear trends.

Source. Eurostat, sdg_05_30 (extracted August 2026).

Sociological interpretation. The persistent Romanian and Italian gaps show that households remain shock absorbers when employment and care cannot be reconciled. Sweden's smaller gap reflects institutional complementarity, while Germany illustrates that service expansion can coexist with gendered working-time adaptation.

Table 3. Latest labour-market indicators connected with care

Country	Employment gap, 2025 (pp)	Women part-time, 2025 (%)	Men part-time, 2025 (%)	Primary pattern
Romania	18.7	1.7	2.7	Low part-time; high exclusion/double burden
Germany	6.8	48.7	11.6	Part-time accommodation
Italy	19.1	27.7	6.0	Low incorporation and familialism
Sweden	3.9	24.4	11.2	High incorporation; smaller gap

Note. The employment gap is calculated as the male employment rate minus the female employment rate and is expressed in percentage points, as reported by Eurostat.

Source. Eurostat, sdg_05_30 and lfsa_eppga (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Romania demonstrates why a low part-time rate cannot be equated with equality. Where protected reduced-hours work is marginal, care may be managed by leaving employment, using informal arrangements, migrating, or compressing unpaid labour around full-time schedules.

3.2. Working Time and the Unequal Price of Flexibility

Part-time employment reveals divergent institutional compromises. German women's rate, 48.7% in 2025, far exceeds men's and is the highest among the four cases. This pattern keeps many carers attached to employment but creates cumulative penalties in hourly earnings, promotion, occupational authority, training, social contributions, and pensions. Flexibility is socially unequal when one gender repeatedly supplies it.

Italy and Sweden occupy different positions despite more comparable female part-time shares than Germany. In Sweden, broad service coverage and a small employment gap mean reduced hours operate within high overall incorporation, although women still perform adaptation disproportionately. In Italy, part-time work sits beside a wide employment gap, suggesting that reduced hours do not solve barriers to labour-market entry. Similar rates can therefore encode different regimes.

Romania's female rate of only 1.7% is analytically revealing. It does not establish a symmetrical full-time society. Rather, protected part-time jobs are scarce and wages are often too low for reduced hours to sustain a household. Care adaptation is displaced outside the measured category—toward non-employment, self-provision, informal work, grandparental help, or migration. Policy should create good reduced-hours options without allowing them to become a female track.

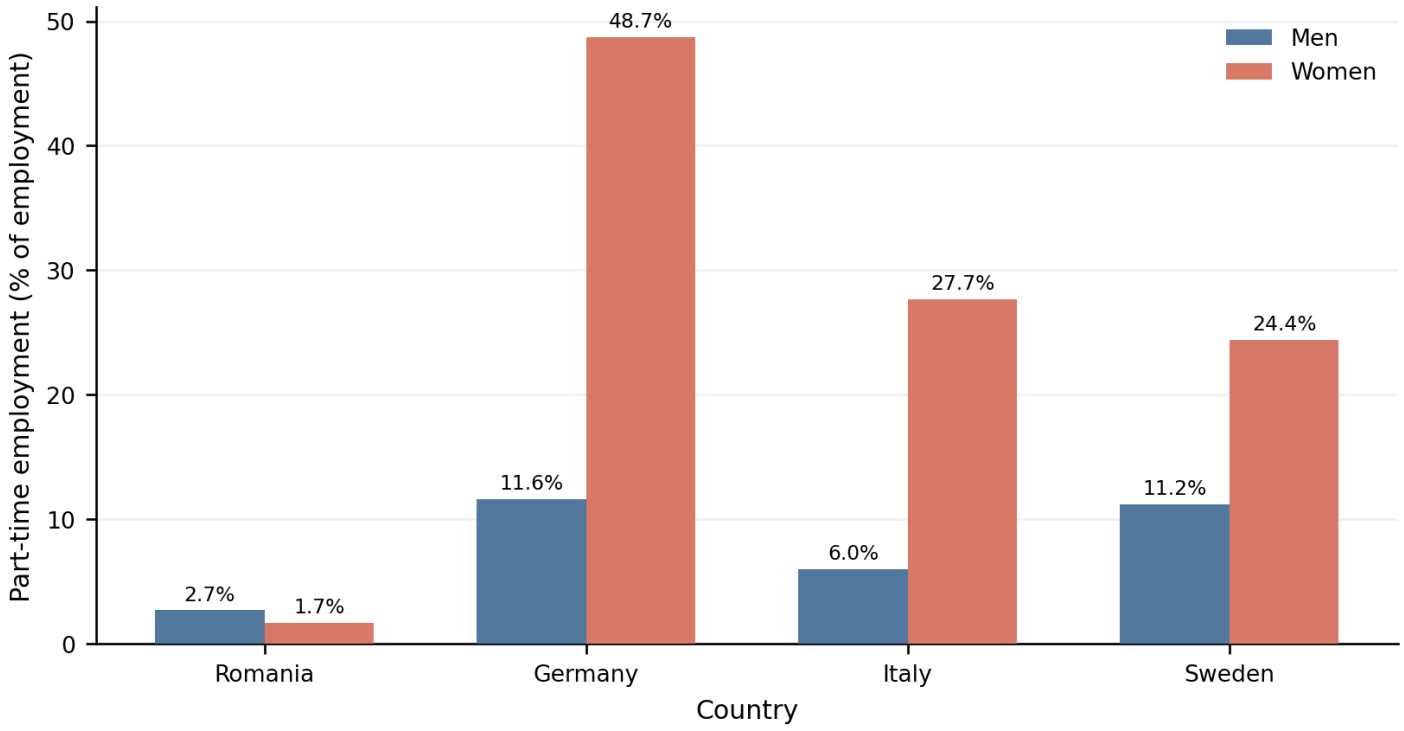


Figure 2. Part-time employment by sex, 2025

Note. Shares of employed women and men aged 20–64. Percentages appear above every bar.

Source. Eurostat, lfsa_eppga (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Germany institutionalises a pronounced female working-time compromise; Romania externalises adjustment beyond formal part-time work. The contrast demonstrates that the visibility of care penalties depends on available labour-market categories.

Reported care-related inactivity adds a direct but narrower measure. Among inactive people who wanted work, women's care-related shares in 2025 were 26.5% in Germany, 13.5% in Italy, 7.9% in Romania, and 3.9% in Sweden. Low values

require caution because the denominator excludes people who do not report wanting work and because available services, norms, questionnaire classification, and discouragement shape answers. Some male estimates are suppressed, itself a reminder that precision is limited.

Germany's high female value alongside extensive part-time work suggests a stratified accommodation: many women reduce hours, while others remain outside employment because care arrangements fail. Sweden's lower value is consistent with service support. Romania's moderate reported value cannot override the much wider employment gap; some women may be classified under other reasons or outside the restricted denominator. Indicator coherence, not isolated magnitude, should guide interpretation.

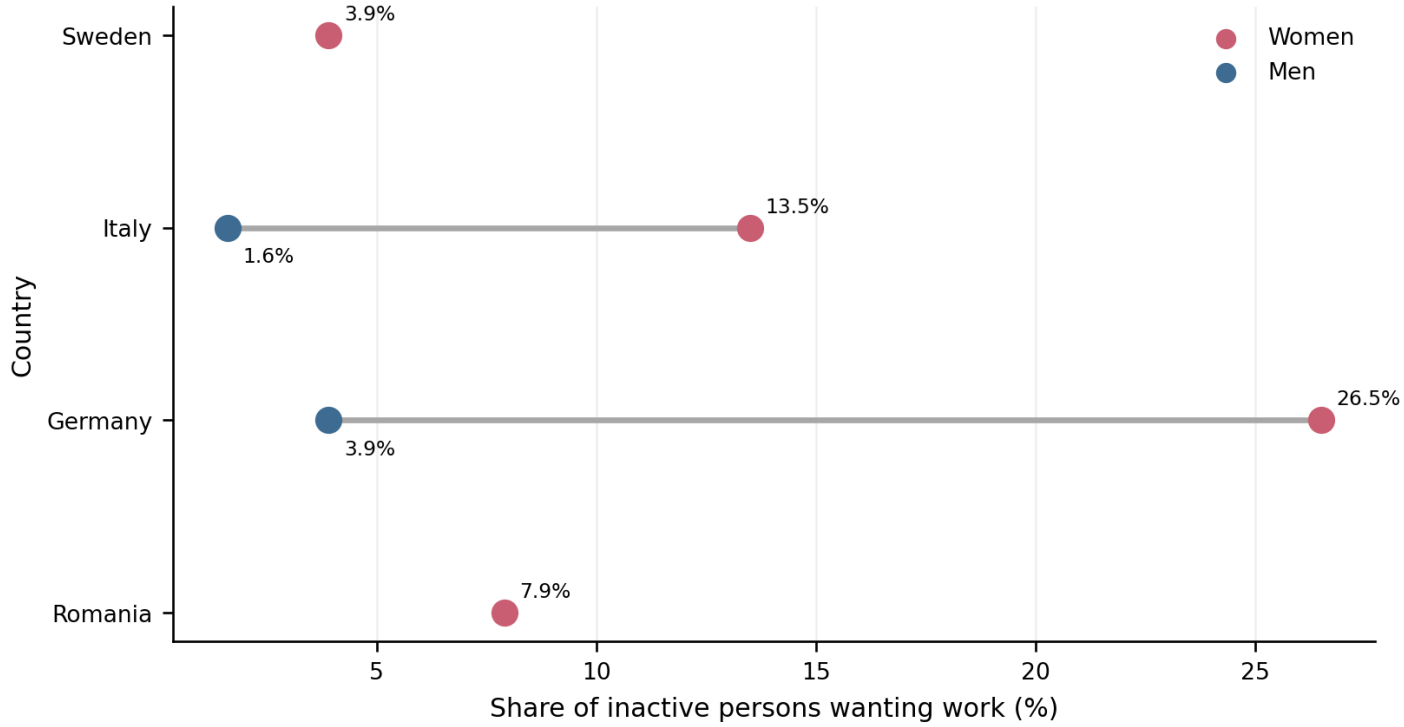


Figure 3. Care responsibilities among inactive persons who want to work, latest reportable year

Note. Paired markers show women and men where Eurostat reports the estimate. Missing or suppressed male values are deliberately not imputed.

Source. Eurostat, sdg_05_40 (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Care blocks employment through different channels: explicit inactivity, reduced hours, discouraged withdrawal, or informal accommodation. The visibly gendered paired values confirm that household care remains attached to women even in institutionally developed systems.

3.3. Childcare as Social Infrastructure

Formal childcare for children under three is a decisive temporal institution. In 2025 participation was 59.6% in Sweden, 35.5% in Italy, 26.2% in Germany, and 11.1% in Romania. These rates do not simply record parental preferences. Availability, price, distance, opening schedules, quality, leave duration, and employment opportunity jointly determine use. Childcare is infrastructure because it coordinates multiple social timetables rather than merely supervising children.

Sweden's high coverage supports continuous employment and a more symmetrical transition to parenthood. Germany has expanded provision, yet local scarcity and schedules can still produce part-time maternal employment. Italy's growth is important but national averages conceal a durable regional divide. Romania's low level imposes a strong household substitution requirement, especially in rural and small-town settings where providers, transport, and employment are jointly limited.

Grandparental care can bridge these gaps and strengthen relationships, but it may transfer the employment cost from mothers to older women, delay retirement, or produce intensive daily obligations. Where adult children migrate, grandparents may also undertake prolonged parental functions. Treating this labour as naturally available hides its health and autonomy costs. Public childcare should complement, not administratively assume, intergenerational availability.

Expansion must focus on effective accessibility. A nominal place that requires a long commute, closes before work ends, excludes irregular schedules, or is unaffordable does not defamilialise care. High-quality provision also benefits child development and reduces social inequality when disadvantaged families can use it without stigma. The policy unit is therefore the local care ecosystem: services, transport, workforce, fees, leave, and employment schedules.

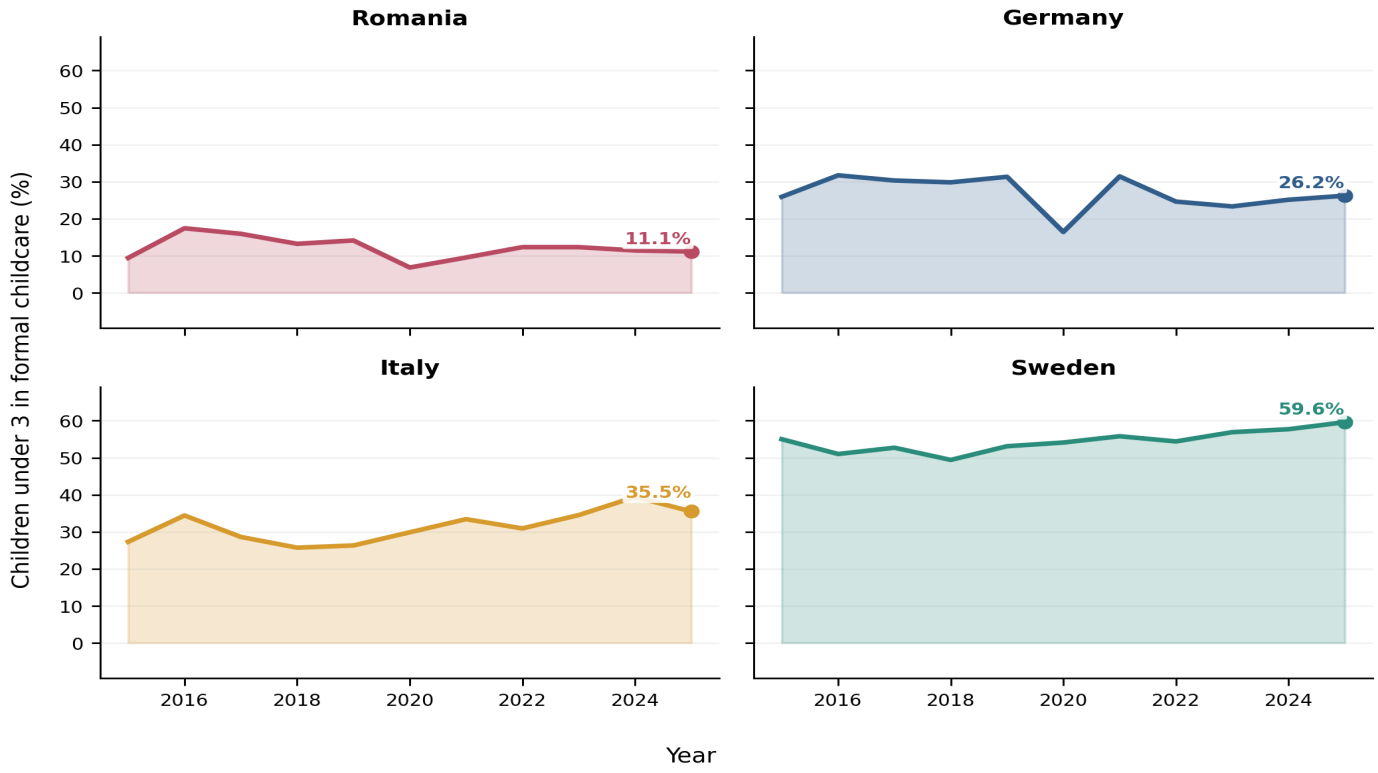


Figure 4. Children under three in formal childcare, 2015–2025

Note. Small multiples show the share receiving at least one hour of formal childcare weekly. The latest value is labelled in each panel.

Source. Eurostat, tepsr_sp210 (extracted August 2026).

Sociological interpretation. The divergence indicates unequal public capacity to convert parenthood into a jointly manageable responsibility. Low Romanian coverage makes family networks an access condition for maternal employment, while Swedish coverage reduces dependence on kin availability.

3.4. Ageing and the Reorganisation of Intergenerational Obligations

All four societies aged between 2015 and 2025, but from different baselines and through different demographic histories. Italy reached 24.7% aged 65 or more, Germany 22.7%, Sweden 20.8%, and Romania 20.3% in 2025. The share does not directly measure dependency: many older people provide childcare, income, housing, and community labour. Nevertheless, longevity and cohort size increase the probability of extended periods of chronic illness and complex support.

Ageing changes the gendered middle of the life course. Adults may support children entering insecure labour and housing markets while coordinating care for parents. Women in their fifties and sixties are especially exposed because employment expectations, grandparental childcare, and parental frailty overlap. Without formal services, the so-called sandwich generation becomes an institutional solution rather than a demographic curiosity.

Romania's population share is lower than Italy's or Germany's, but outward migration and territorial depopulation can make care more difficult even with fewer older residents proportionally. Adult children may provide money and coordination from abroad while daily assistance falls to a remaining relative, neighbour, or poorly regulated worker. Demography must thus be connected to proximity, mobility, service geography, and employment.

Sweden demonstrates that ageing need not translate automatically into family withdrawal from employment when municipalities provide services. Yet public systems face workforce shortages, continuity problems, and unequal access. Germany's insurance framework pluralises provision but leaves coordination work to families. Italy's intense family role and migrant care sector blur boundaries between kinship and market. The cases show four institutional responses to a shared demographic process.

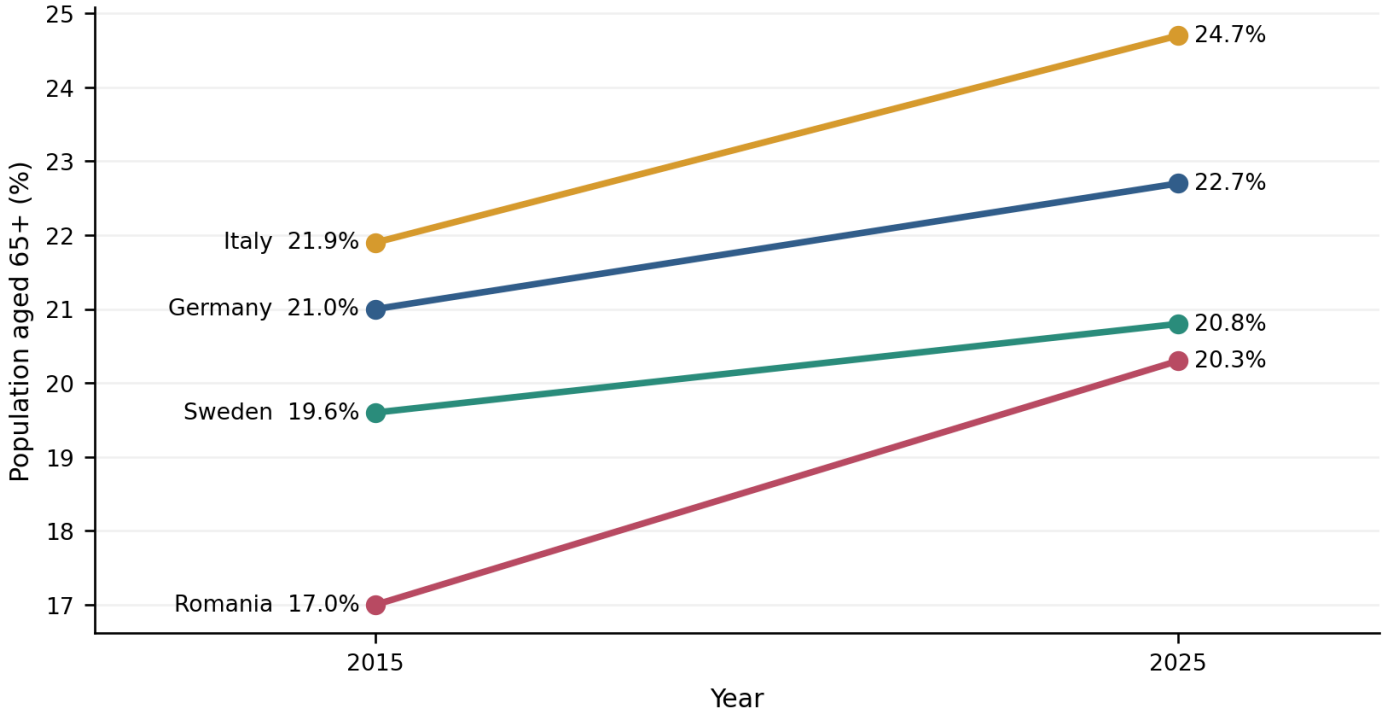


Figure 5. Population aged 65 years or more, 2015 and 2025

Note. Lines connect the 2015 and 2025 population shares; endpoint labels report percentages.

Source. Eurostat, tps00028 (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Ageing raises care demand, but institutional consequences depend on service capacity and spatial family arrangements. The same demographic increase can produce professional provision, regulated mixed care, migrant substitution, or intensified unpaid family labour.

3.5. Long-Term-Care Capacity and the Geography of Substitution

Long-term-care beds provide a partial but stark indication of formal capacity. Latest observations show approximately 1,298 beds per 100,000 inhabitants in Sweden and 1,187 in Germany, compared with 531 in Italy and 238 in Romania. Beds are neither the sole nor always the preferred form of care; person-centred home and community services can be superior. Still, extremely low capacity signals limited fallback when home care becomes unsafe or impossible.

Romania's low rate transfers high-intensity dependency to households, hospitals, or informal arrangements. The burden is geographically unequal because services cluster in cities and families in depopulating areas have fewer providers. Italy's higher but still limited rate interacts with a large migrant live-in care sector. Germany combines insurance benefits, providers, and family coordination, while Sweden's municipal responsibilities support a stronger formal alternative.

Institutionalisation should not be maximised as an end in itself. Care justice requires a continuum: prevention, accessible housing, assistive technology, respite, day services, trained home support, community nursing, and residential care when

needed. The bed indicator becomes sociologically meaningful as a measure of credible exit from unsustainable family arrangements, not as a preference for separating generations.

Workforce quality is inseparable from capacity. Low wages, fragmented hours, emotional strain, and migration-dependent recruitment undermine continuity and competence. Expanding slots without improving care jobs can create a second inequality: middle-class recipients purchase services delivered by workers whose own family care is displaced. A European care strategy must connect recipient rights with labour rights.

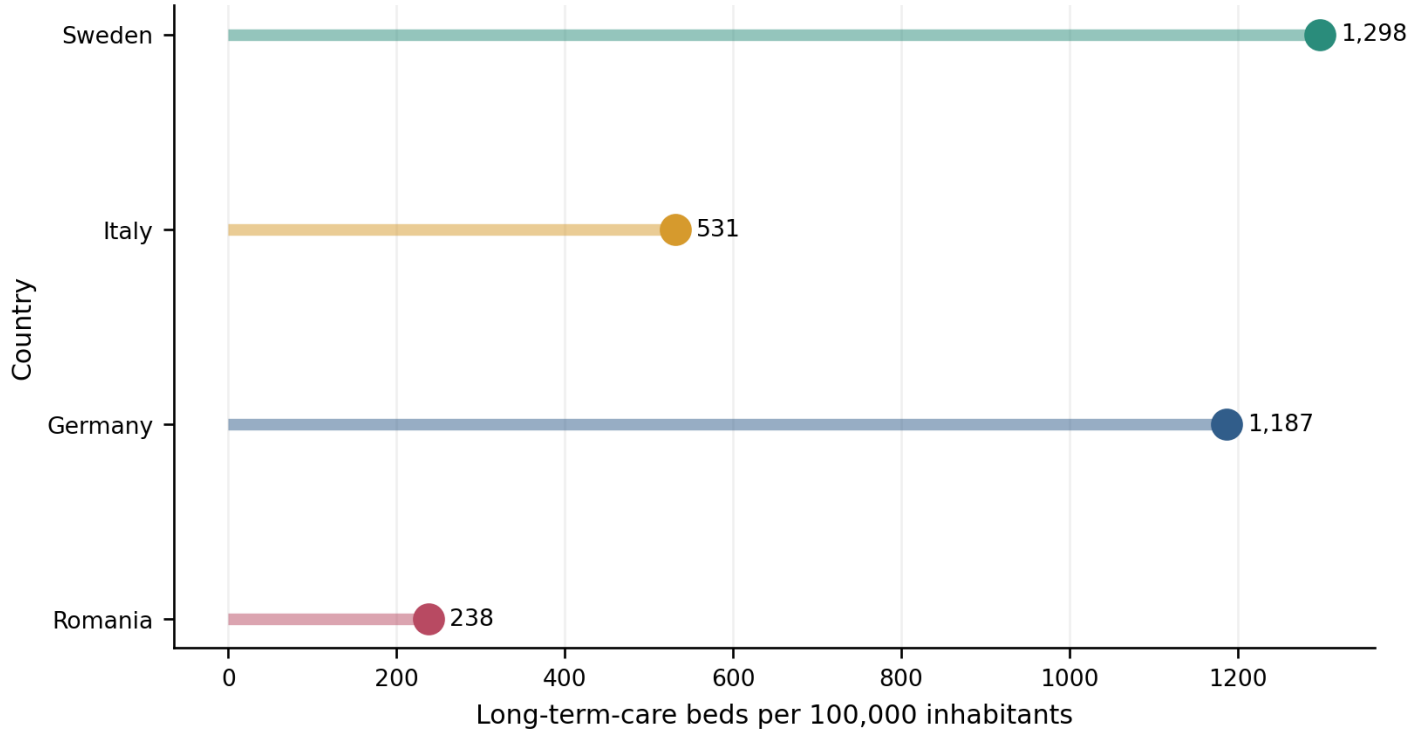


Figure 6. Long-term-care beds per 100,000 inhabitants, latest available year

Note. Lollipop markers report the latest available country observation; values are rounded for display.

Source. Eurostat, hlth_rs_bdltc (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Formal fallback capacity is much thinner in Romania and Italy. Families there are not necessarily more solidaristic; they are more often required to perform tasks that institutions absorb elsewhere.

Table 4. Care infrastructure and demographic context

Country	Under-3 childcare, 2025 (%)	Population 65+, 2025 (%)	LTC beds per 100,000, latest	Institutional pressure point
Romania	11.1	20.3	238	Low capacity at both ends of care
Germany	26.2	22.7	1187	Older population; mixed provision and coordination
Italy	35.5	24.7	531	High ageing with limited formal fallback

Sweden	59.6	20.8	1298	High formal capacity; workforce sustainability

Note. Childcare and ageing refer to 2025; long-term-care values use each country's latest available observation.

Source. Eurostat, tepsr_sp210, tps00028, and hlth_rs_bdltc (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Care pressure is relational: need becomes a gender penalty when services and decent jobs fail to provide credible alternatives. Romania combines particularly low child and older-care capacity, while Italy's ageing amplifies family and migrant-care dependence.

3.6. Public Allocation: Cash, Services, and the Politics of Choice

Family and children expenditure reveals how states allocate support between cash benefits and benefits in kind. Cash can protect income and recognise costs, but it does not create a childcare place or a trained home-care worker. In-kind spending builds collective capacity, although design and territorial supply determine accessibility. A balanced architecture requires both adequate income and services.

Policy rhetoric often frames cash as parental choice. Choice is genuine only when alternatives exist. A caregiver paid a small allowance in a locality without services has not freely selected family care; the payment compensates institutional absence while preserving gendered responsibility. Conversely, services without income protection can exclude low-income families or carers during unavoidable intensive periods.

The latest country profiles display different mixes rather than a simple spending ladder. Sweden's service tradition is visible in its in-kind component. Germany combines transfers and provision. Italy's and Romania's allocations operate within more familialised contexts, where regional or local capacity limits what formal expenditure can achieve. GDP shares also respond to denominator changes and say nothing by themselves about adequacy per recipient.

The social meaning of expenditure depends on incidence. Universal, affordable services can redistribute time as well as money. Tax deductions for purchased care may primarily benefit higher-income households. Flat allowances may be progressive in income terms but reproduce female withdrawal if employment protections are weak. Evaluation should follow who gains usable time, employment continuity, and high-quality care.

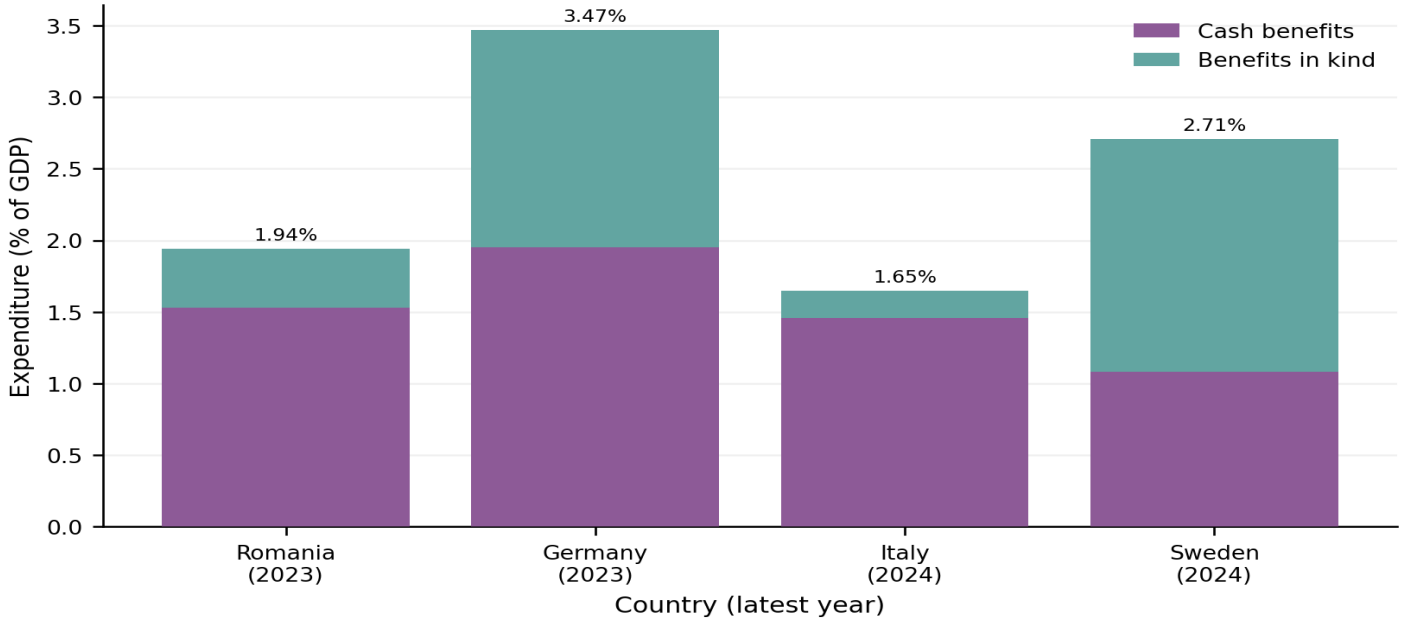


Figure 7. Family and children social-protection expenditure by form, latest available year

Note. Stacked bars show cash benefits and benefits in kind as shares of GDP. Totals and reference years are labelled.

Source. Eurostat, spr_exp_ffa (extracted August 2026).

Sociological interpretation. Cash and services are not interchangeable. Service-oriented resources create shared infrastructure, whereas cash in a context of absent supply can privatise coordination and reinforce women's unpaid availability.

3.7. Comparative Care Architecture: Configurations, Not Rankings

The normalised heatmap integrates four dimensions: gender-employment equality, childcare coverage, long-term-care bed capacity, and family-policy resources. Scores are relative only to the four cases. Sweden displays the most consistently service-supported configuration; Germany combines high older-care capacity with a more gendered employment compromise; Italy's position is constrained by employment inequality and moderate formal capacity; Romania exhibits the greatest service deficit.

The synthesis clarifies that care regimes are bundles. No single intervention can offset contradictions elsewhere. Childcare expansion has limited effect if jobs are unavailable or schedules incompatible. Employment activation can intensify overload when eldercare is absent. Cash support cannot purchase services that do not exist. Long-term-care insurance can still leave families with administrative and emotional coordination. Coherence among institutions is the relevant policy standard.

The heatmap should not be interpreted as an index of social virtue. High bed numbers may reflect service capacity but not necessarily quality or preference; high expenditure can be inefficient; low employment gaps may coexist with occupational segregation. Its value is diagnostic: it makes asymmetries visible and directs qualitative inquiry toward the mechanisms producing them.

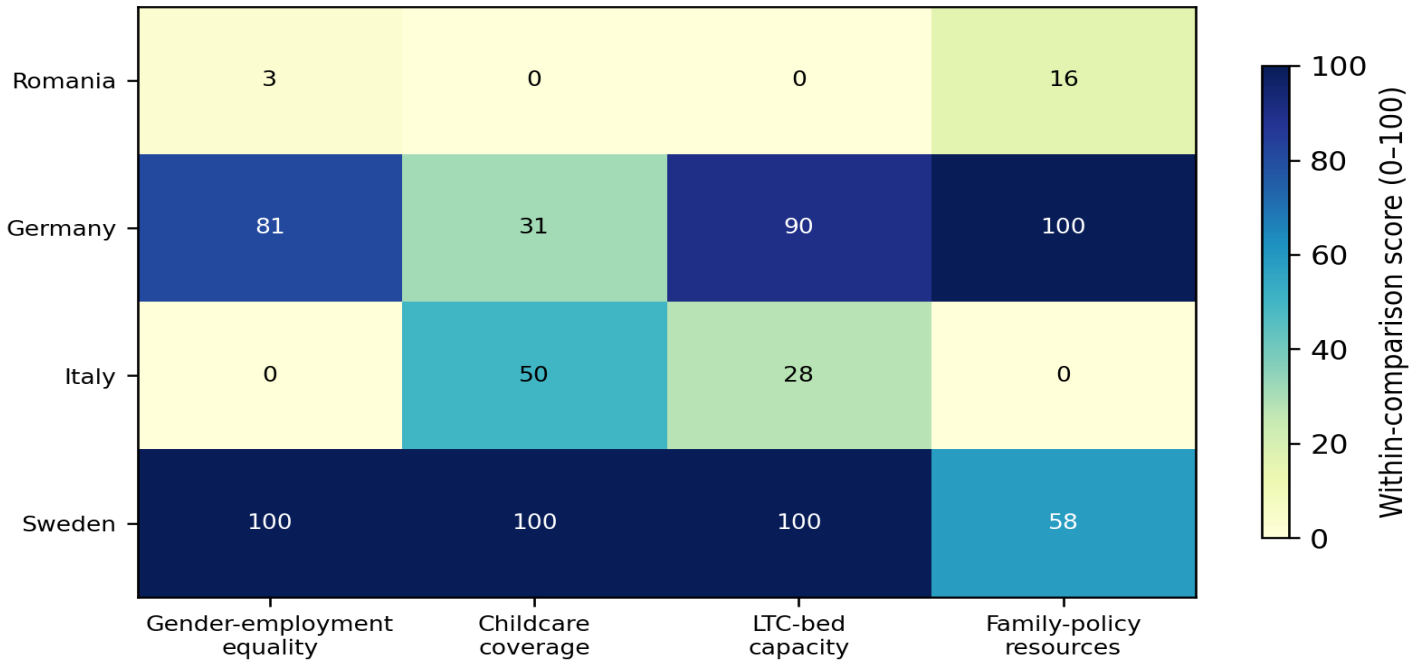


Figure 8. Relative care-architecture profile across four institutional dimensions

Note. Each column is rescaled from 0 to 100 within the four-country comparison. Employment equality is calculated as 100 minus the reported employment gap.

Source. Author's calculations from Eurostat datasets sdg_05_30, tepsr_sp210, hlth_rs_bdltc, and spr_exp_ffa.

Sociological interpretation. The clustered Swedish profile reflects institutional complementarity; Romania's pattern reveals simultaneous deficits rather than one isolated policy gap. Germany and Italy show that partial development can preserve gendered adaptation when the overall architecture remains incoherent.

Table 5. Mechanisms linking intergenerational solidarity to inequality

Institutional condition	Family response	Gender mechanism	Intergenerational consequence	Policy lever
Childcare scarcity	Grandparental or maternal substitution	Women reduce or leave employment	Older women transfer time downward	Universal local childcare and compatible hours
Eldercare scarcity	Adult children coordinate intensive support	Daughters absorb availability costs	Conflict, exhaustion, delayed retirement	Home care, respite, residential fallback
Migration-dependent provision	Transnational delegation and remittances	Migrant women carry paid and unpaid chains	Care deficits move across borders	Portable rights and ethical recruitment
Protected service provision	Family care complements professionals	Obligations become more negotiable	Relationships centre on chosen support	Integrated case management and carer rights
Cash without supply	Households purchase or self-provide	Lower earner becomes default carer	Family wealth determines care quality	Pair adequate cash with public capacity

Note. Mechanisms are relational propositions supported by the comparative pattern; they are not deterministic individual predictions.

Source. Author's synthesis drawing on Hochschild (2000), Saraceno and Keck (2010), Tronto (2013), and the reported indicators.

Sociological interpretation. Intergenerational solidarity reduces inequality when it supplements enforceable services. When it substitutes for absent institutions, the same moral commitment transmits gender, class, territorial, and migration inequalities.

3.8. Childcare Coverage and Employment Equality: A Descriptive Relationship

The final figure places formal childcare coverage against the gender employment gap, with bubble size indicating the share aged 65 or more. The four-country pattern is negative: higher childcare participation is associated descriptively with a smaller employment gap. Sweden anchors the high-coverage, low-gap end, whereas Romania and Italy combine lower coverage with wide gaps. Germany occupies an intermediate position.

The fitted line is not a causal estimate. Four cases cannot isolate reverse causality, leave systems, tax incentives, job quality, culture, regional variation, or policy sequencing. Female employment may generate demand for childcare just as childcare enables employment. Nevertheless, the relationship is theoretically coherent and triangulates with the working-time evidence: collective early-childhood provision reduces the amount of temporal incompatibility privately allocated to women.

Bubble size introduces ageing without implying that older populations mechanically reduce equality. Italy and Germany are older than Romania and Sweden, yet their care architectures differ. Older people are also providers, especially grandparents. The diagram therefore visualises simultaneous pressures and reinforces the need to analyse institutions rather than demographic ratios alone.

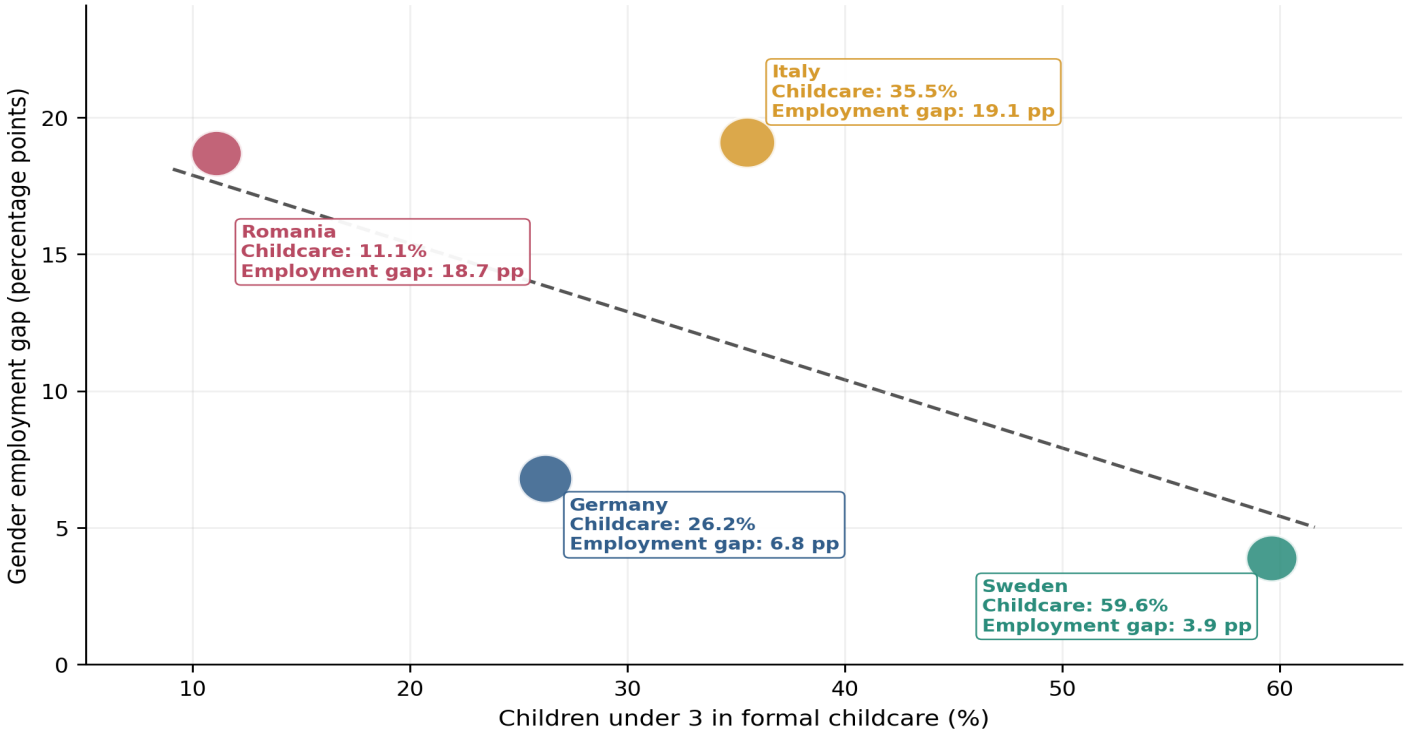


Figure 9. Formal childcare coverage and the gender employment gap, latest 2025 observations

Note. Labels report childcare coverage (%) and the gender employment gap (percentage points) for each country.

Source. Author's calculations from Eurostat tepsr_sp210, sdg_05_30, and tps00028.

Sociological interpretation. The configuration supports the proposition that childcare is employment infrastructure, while the small number of cases requires restraint. The comparison identifies a plausible mechanism for deeper multilevel research rather than proving an isolated programme effect.

Table 6. Integrated policy priorities by country

Country	**Immediate priority**	**Medium-term institutional reform**	**Equality safeguard**	**Expected sociological effect**
Romania	Rapid childcare, home-care and respite expansion in underserved localities	National care workforce strategy and portable entitlements	Ring-fenced rural access; formalisation without punitive conditionality	Reduce compulsory kin substitution and transnational care fragmentation
Germany	Close childcare-hour and eldercare coordination gaps	Reform incentives sustaining female part-time specialisation	Pension credits plus men's equal leave and working-time rights	Convert attachment into equal careers and shared care
Italy	Accelerate territorially balanced childcare and community LTC	Integrate services and regularise migrant care employment	Southern-region guarantees and enforceable labour standards	Narrow regional and gendered employment exclusion
Sweden	Protect continuity, staffing and equitable access	Sustain municipal capacity under ageing and fiscal pressure	Monitor class, migration and locality inequalities	Preserve universalism while improving relational quality

European Union	Finance care infrastructure and workforce development	Coordinate portable rights and ethical recruitment	Gender budgeting and common quality indicators	Prevent care deficits from being exported across borders

Note. Priorities follow each observed configuration and should be adapted through participatory national and local assessment.

Source. Author's synthesis based on the comparative findings, European Commission (2022), International Labour Organization (2018), OECD (2025), and European Institute for Gender Equality (2025).

Sociological interpretation. A uniform target would miss distinct bottlenecks. Convergence requires common rights combined with differentiated institutional sequencing, so that service growth, workforce quality, and gender equality reinforce rather than displace one another.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

4.1. Discussion

The comparison demonstrates that invisible care work is not an unmeasured residue but an institutionally produced allocation of time. Romania, Germany, Italy, and Sweden confront common dependencies, yet they distribute coordination across households, public services, markets, and migrant labour differently. Gender inequalities emerge when one person is expected to reconcile systems designed on incompatible temporal assumptions. The employment gap is thus an outcome of care architecture, not merely an individual preference differential.

The Romanian configuration is especially instructive. A wide employment gap coexists with exceptionally low female part-time employment. Read alone, the latter could be mistaken for full-time equality. Triangulated with very low childcare and long-term-care capacity, it instead suggests that adjustment occurs through non-employment, informality, household intensification, grandparental support, and migration. Statistical invisibility mirrors social invisibility: the burden appears outside protected working-time categories.

Germany shows a different compromise. Extensive institutional capacity does not abolish gendered adaptation when women disproportionately enter part-time work. Attachment to employment prevents some exclusion but accumulates career and pension disadvantages. Reform must therefore move beyond service quantity to taxation, leave, working-time rights, organisational expectations, and men's uptake of care. Equality requires transforming the standard worker, not only helping women approximate it.

Italy combines a wide employment gap, ageing, and an intermediate service infrastructure embedded in regional inequality. Family solidarity and migrant care labour stabilise the system, yet they also conceal its fiscal and emotional costs. Regularising migrant employment without expanding public provision would improve labour rights but leave household access dependent on income. Service investment without regional implementation capacity would reproduce territorial disparity. The policy problem is coordination across levels.

Sweden provides evidence that extensive services and individualised rights can reduce employment inequality without dissolving family relationships. Its model should not be idealised. Staffing shortages, unequal access, occupational segregation, and marketisation can weaken relational continuity. Universalism is a continuing political accomplishment, not a finished institutional state. The relevant lesson is complementarity: public provision permits families to care in less coercive ways.

Intergenerational solidarity emerges as ambivalent. It is protective when relatives provide affection, occasional assistance, and reciprocal support around a reliable public floor. It becomes stratifying when access to employment or adequate care depends on having a healthy grandmother, a spacious dwelling, nearby kin, or money to hire help. Families with fewer resources face both greater need and lower substitution capacity. Public services can therefore strengthen intimate relations by reducing compulsory intensity.

Transnational care complicates national comparisons. German, Italian, and Swedish households may benefit from workers whose own families in Romania or elsewhere reorganise care across distance. National indicators can register increased receiving-country capacity without accounting for exported reproductive costs. Ethical recruitment, portable pensions,

enforceable contracts, family-reunification possibilities, and investment in sending-country services are integral to European care justice, not peripheral migration policy.

The evidence also challenges the assumption that cash and services are interchangeable. Cash protects consumption and can recognise care, but in supply-constrained settings it may finance low-paid informal labour or reinforce women's withdrawal. Services redistribute time and create employment, but can reproduce hierarchy when jobs are precarious or culturally insensitive. A just mix pairs adequate income with universally usable, democratically governed provision and good employment conditions.

Care citizenship integrates these insights. The right to receive care protects dependent persons from both neglect and arbitrary family power. The right to provide care under dignified conditions protects relationships from economic punishment. The right not to be forced into care protects bodily autonomy and equal participation. These rights are interdependent: recipient choice is hollow without workers, and carer choice is hollow without income and services.

Methodologically, the study confirms the importance of configuration analysis. A wide employment gap, a high part-time rate, or low childcare coverage has no single meaning outside its institutional bundle. National aggregates identify patterned contrasts but cannot reveal household negotiations or service experience. Future research should combine harmonised time-use data, longitudinal employment records, local service maps, and interviews with carers, recipients, migrant workers, and men who provide substantial care.

4.2. Conclusion and Recommendations

The central conclusion is that care is infrastructure and citizenship, not an inexhaustible family resource. Europe's ageing and labour shortages cannot be solved by intensifying women's unpaid availability or by importing care labour while ignoring transnational consequences. Sustainable systems must make dependency collectively governable and distribute the costs across genders, classes, generations, regions, employers, and states.

First, governments should guarantee locally accessible childcare, home care, respite, day services, and residential fallback through enforceable coverage standards. Expansion must prioritise underserved rural, peripheral, and low-income areas, with transport and opening hours included in access criteria. Capital investment without recurrent workforce funding will produce buildings rather than care.

Second, care jobs require wage floors, stable hours, training, safe staffing, collective voice, and recognised career ladders. Improving conditions is both labour policy and quality policy because continuity and competence depend on retention. Migrant workers must receive contracts, portable contributions, residence security, and protection from live-in isolation. European coordination should prevent recruitment from deepening care deficits in sending regions.

Third, leave and working-time policy must redistribute care toward men and protect long-term earnings. Well-paid, individual and non-transferable leave, a right to request reversible reduced hours, predictable scheduling, and pension credits for intensive care can reduce cumulative disadvantage. Reforms should monitor uptake by income and contract type so that new rights do not become privileges of secure professionals.

Fourth, cash benefits should be evaluated by whether they expand real alternatives. Adequate allowances can prevent poverty, but they should accompany rather than replace services. Eligibility and assessment must be simple, rights-based, and portable across localities and borders. Support should follow the person receiving care while guaranteeing independent income and respite for the caregiver.

Fifth, policy appraisal should adopt gender-responsive care accounts. Budgets need to report not only expenditure but changes in unpaid time, employment continuity, service waiting, unmet need, workforce conditions, and distribution by sex, income, migration status, disability, and locality. Participatory governance should give carers, recipients, and workers authority in defining quality.

Finally, European care policy should treat intergenerational solidarity as a relationship to support, not a reserve to exploit. The aim is not to replace families with institutions or to privatise institutions through families. It is to establish a reliable public framework within which care can be competent, reciprocal, culturally meaningful, and freely negotiated. When that framework exists, solidarity ceases to be the hidden price of institutional failure and becomes a genuine social resource.

REFERENCES

Bettio, F., & Plantenga, J. (2004). Comparing care regimes in Europe. *Feminist Economics, 10*(1), 85–113. https://doi.org/10.1080/1354570042000198245

Daly, M., & Lewis, J. (2000). The concept of social care and the analysis of contemporary welfare states. *The British Journal of Sociology, 51*(2), 281–298. https://doi.org/10.1111/j.1468-4446.2000.00281.x

EIGE. (2025). *Gender Equality Index 2025: Care, inequalities and the future of gender equality*. European Institute for Gender Equality. https://eige.europa.eu/gender-equality-index/2025

Esping-Andersen, G. (1990). *The three worlds of welfare capitalism*. Princeton University Press.

European Commission. (2022). *A European care strategy for caregivers and care receivers* (COM(2022) 440 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0440

Eurostat. (2026a). *Gender employment gap* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_05_30/default/table?lang=en

Eurostat. (2026b). *Part-time employment by sex and age* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/lfsa_eppga/default/table?lang=en

Eurostat. (2026c). *Children aged less than three years in formal childcare* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tepsr_sp210/default/table?lang=en

Eurostat. (2026d). *Inactive population due to caring responsibilities* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_05_40/default/table?lang=en

Eurostat. (2026e). *Population aged 65 years and more* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00028/default/table?lang=en

Eurostat. (2026f). *Long-term-care beds in nursing and residential care facilities* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/hlth_rs_bdltc/default/table?lang=en

Eurostat. (2026g). *Expenditure on social-protection benefits by function and type* [Data set]. European Commission. Retrieved August 21, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/spr_exp_ffa/default/table?lang=en

Feraru, P. D. (2015). *Migrație și dezvoltare: Aspecte socioeconomice și tendințe*. Lumen.

Feraru, P. D. (2019). *Costurile sociale ale migrației externe din România*. Institutul European.

Folbre, N. (2001). *The invisible heart: Economics and family values*. New Press.

Fraser, N. (2016). Contradictions of capital and care. *New Left Review, 100*, 99–117. https://newleftreview.org/issues/ii100/articles/nancy-fraser-contradictions-of-capital-and-care

Hochschild, A. R. (2000). Global care chains and emotional surplus value. In W. Hutton & A. Giddens (Eds.), *On the edge: Living with global capitalism* (pp. 130–146). Jonathan Cape.

International Labour Organization. (2018). *Care work and care jobs for the future of decent work.* https://www.ilo.org/publications/major-publications/care-work-and-care-jobs-future-decent-work

Leitner, S. (2003). Varieties of familialism: The caring function of the family in comparative perspective. *European Societies, 5*(4), 353–375. https://doi.org/10.1080/1461669032000127642

Lewis, J. (1992). Gender and the development of welfare regimes. *Journal of European Social Policy, 2*(3), 159–173. https://doi.org/10.1177/095892879200200301

OECD. (2025). *Gender equality in a changing world: Taking stock and moving forward.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/e8080864-en

Orloff, A. S. (1993). Gender and the social rights of citizenship: The comparative analysis of gender relations and welfare states. *American Sociological Review, 58*(3), 303–328. https://doi.org/10.2307/2095903

Pfau-Effinger, B. (2005). Culture and welfare state policies: Reflections on a complex interrelation. *Journal of Social Policy, 34*(1), 3–20. https://doi.org/10.1017/S0047279404008232

Saraceno, C., & Keck, W. (2010). Can we identify intergenerational policy regimes in Europe? *European Societies, 12*(5), 675–696. https://doi.org/10.1080/14616696.2010.483006

Tronto, J. C. (1993). *Moral boundaries: A political argument for an ethic of care*. Routledge.

Tronto, J. C. (2013). *Caring democracy: Markets, equality, and justice*. New York University Press.

WHO DECİDES WHAT WE SEE? POWER AND INFLUENCE İN MODERN MEDİA

Alterbridge University, Assistant Professor, natakhorava3@gmail.com, ORCID: 0009-0003-9585-5713

Abstract

In modern democracies, the question of who controls the news is becoming increasingly difficult to answer. Traditionally, journalists were seen as gatekeepers whose responsibility was to decide which stories deserved public attention. However, this role has been challenged by politicians, powerful corporations, social media platforms, and increasingly sophisticated algorithms.

Politicians can influence the media through access, regulation, political pressure, and strategic communication, while corporations may shape news coverage through ownership, advertising, and commercial interests. At the same time, journalists themselves are not completely free from bias, professional conventions, or the pressure to attract audiences.

The rise of digital media has made the situation even more complicated. Algorithms can determine which stories people see, often prioritising content that generates strong emotional reactions rather than content that is necessarily accurate or socially important. As a result, the power to shape public opinion may no longer belong to a single group.

Ultimately, the issue is not simply who controls the news, but who has the power to influence what society considers important, true, and worth discussing. Understanding these competing influences is essential for assessing the health of modern journalism and democracy.

FACSİMİLES, DİGİTAL REPATRİATİON, AND PUBLİC MEMORY: NEW USES OF DOCUMENTARY HERİTAGE

Dr. Aliaksandr Susha,

International Association for Belarusian Studies, chair, Belarus, Minsk

Belarusian State University, Assoc. Prof., Belarus, Minsk

ORCID: 0009-0000-0709-372X

Susha.Ales@gmail.com

ABSTRACT

Historic manuscripts, early printed books, archival documents, and other forms of documentary heritage frequently lose the practical functions for which they were originally created. Liturgical books are no longer used in everyday worship, historical legal codes cease to regulate social life, and handwritten or early printed texts become too fragile for regular physical use. Yet the loss of an original function does not imply the loss of cultural value. On the contrary, documentary monuments often acquire new roles as sources of historical knowledge, symbols of cultural identity, educational resources, and objects of collective memory. This paper examines facsimile reproduction, digitization, scholarly publication, electronic libraries, exhibitions, and digital repatriation as strategies through which documentary heritage can be returned to active cultural use without endangering the original objects.

Particular attention is paid to digital repatriation, understood as the return of high-quality digital copies of documentary heritage preserved outside the country or region with which it is historically connected. Such practices can partially overcome the physical inaccessibility and geographical dispersal of manuscripts, rare books, archives, and documentary collections. However, neither digitization nor facsimile reproduction should be regarded as revitalization automatically. A digital copy becomes culturally significant only when it enters research, education, interpretation, public communication, and practices of cultural memory. The paper therefore argues that the revitalization of documentary heritage depends not simply on technical reproduction, but on the creation of new forms of access, interpretation, scholarly use, and symbolic presence.

Keywords: cultural heritage; documentary heritage; facsimile reproduction; digital repatriation; digitization; cultural memory; book heritage; digital heritage; public access; cultural identity

The exceptional role of the written and printed texts in the development of the society is conditioned by centuries-old traditions. Documentary heritage is rich and manifold, able to represent different stages of our history, best achievements of intellectual and spiritual culture, broad variety of artistic styles and techniques, multilanguage and multireligious traditions of different nations. Ancient manuscripts, old-printed and rare books, archival documents are especially valuable.

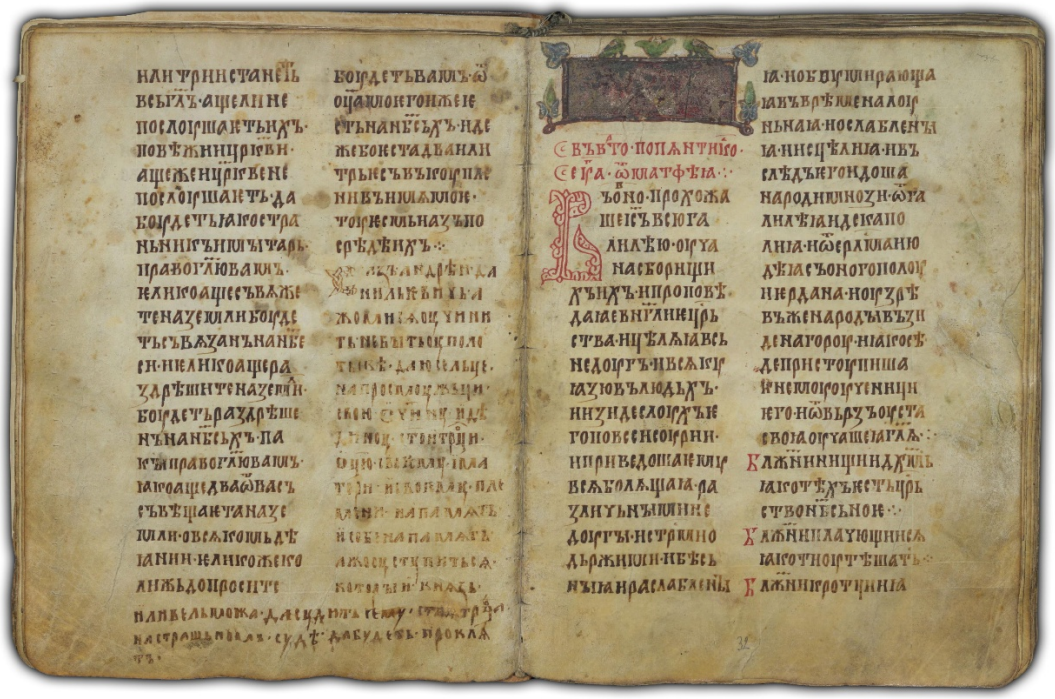


Figure 1. The Polack Gospel of 12–13 cent.

Documentary heritage is often preserved at the very moment when it ceases to be used. For example, a Gospel written for liturgical reading becomes too fragile to open during worship; a legal code remains historically authoritative but no longer regulates legal relations; an early printed primer cannot serve elementary education in its original linguistic and pedagogical environment. Libraries and archives rightly protect such objects by limiting physical contact. Yet protection may create a paradox. The document survives, while its text, visual form, historical context, and symbolic meanings recede from public culture. The central question is therefore not how to restore an obsolete practical function, but how to construct new forms of use without placing the original at risk.



Figure 2. The facsimile edition of the Polack Gospel, presented in 2013

The argument developed here treats facsimile reproduction, digitization, scholarly publication, electronic libraries, exhibitions, and digital repatriation as related but non-identical instruments. Each acts upon a different barrier between a document and its potential users. A facsimile can reproduce scale, sequence, colour, and the experience of the codex; a digital image permits remote comparison and enlargement; a critical edition establishes a reliable text; a catalogue provides identification and provenance; an exhibition produces a public narrative. None of these actions alone guarantees revitalization. They become revitalizing practices when they restore documentary heritage to research, education, interpretation, and cultural memory. This distinction follows from the broader understanding of heritage revitalization as the return of inherited values to active socio-cultural use. Such a return cannot be equated with intensive consumption. In the case of rare books and manuscripts, renewed use usually requires the opposite: separation of the fragile original from the functions now assigned to its reproductions. The original remains the primary material witness, carrying evidence through parchment or paper, ink, binding, corrections, ownership, and historical wear. Surrogates redistribute selected properties of that witness. Responsible revitalization depends on stating clearly what has been reproduced, what has been interpreted, and what remains accessible only through examination of the original.



Figure 3. The international exhibition "Francysk Skaryna and His Epoch", dedicated to the 500th anniversary of Belarusian book printing, Minsk, 2017

International policy increasingly connects preservation with access. UNESCO's 2015 Recommendation concerning documentary heritage treats preservation and access as mutually reinforcing obligations and encourages institutions holding collections relevant to other states to share digital programmes and copies with the parties concerned (UNESCO 2015, paras. 2.6, 3.2–3.7). This is more than a technical recommendation. It acknowledges that documentary heritage may be geographically dispersed while remaining culturally connected to several societies. It also recognizes that catalogues, finding aids, web publication, educational work, and open licensing determine whether digitization produces knowledge or merely accumulates files.

We should begin with the document's former function. Liturgical manuscripts organized worship; statutes communicated law; chronicles preserved political and communal narratives; maps supported administration and travel; private archives structured memory, property, and kinship. When those functions disappear, a document may acquire scholarly, memorial, educational, representative, or diplomatic roles. The transition is not automatic. A historical source becomes usable only after identification, description, attribution, dating, conservation, and interpretation.

Facsimile reproduction occupies a distinctive place in this chain. It is neither a substitute original nor simply an illustrated publication. A well-conceived facsimile reconstructs the codex as an ordered material and visual system: format, foliation, openings, margins, decoration, traces of use, and sometimes the binding. Its scholarly value depends on colour management, scale, completeness, the selection of the copy used as exemplar, and an explicit account of lacunae or reconstructed elements. Its cultural value is broader. A facsimile may be handled in a museum lesson, placed in a church or regional library, displayed without exposing the original, and incorporated into commemorative or diplomatic practices.



Figure 4. Book printed by Francysk Skaryna in 1517–1519. The National Library of Belarus

Belarusian experience makes this potential especially visible because a considerable part of the country's early documentary heritage is preserved abroad or divided among institutions. The facsimile edition of the *Polack Gospel*, presented in 2013, reunited in publication the manuscript's principal part in the Russian National Library and separate leaves in the Russian State Library (Susha 2012, pp. XVII–XX). The project did not change the legal ownership or physical location of either part. It nevertheless restored the codex's integrity for reading and research and returned its image to the cultural environment with which the manuscript is historically associated. This is a form of intellectual and symbolic return rather than restitution. The multi-volume project *Book Heritage of Francysk Skaryna* developed the same logic on a different scale. Surviving copies and fragments of Skaryna's Prague and Vilno (Vilnius) editions are dispersed across collections in several countries. The facsimile series, issued in Minsk in 2013–2017, assembled reproductions of the printer's known works and accompanied them with scholarly materials. The concluding volume examined the global distribution of copies and the possibilities of returning the heritage to Belarusian scholarly and public use (Susha 2017, pp. 99–153). Here facsimile publication served simultaneously as bibliographical reconstruction, source publication, cultural diplomacy, and the re-establishment of a national corpus.



Figure 5. The multi-volume project Book Heritage of Francysk Skaryna

The choice of the term return requires caution. A facsimile does not annul the history of the original, and a digital file does not resolve competing claims to ownership. Digital repatriation is most useful when it describes the provision of high-quality digital surrogates and associated knowledge to a country, region, or source community from which documentary materials have become separated. Boserup argued that internet publication can reconnect unique manuscript heritage with the scholarly and educational environments for which it is particularly meaningful (Boserup 2005, pp. 169–173). Later work has emphasized reciprocal curation: originating communities should not merely receive images but participate in description, protocols of access, and interpretation (Christen 2011, pp. 185–210). These two perspectives are complementary but arise from different historical situations. For European manuscript collections, digital repatriation often answers the dispersal of codices through dynastic collecting, war, border change, antiquarian trade, confiscation, or institutional transfer. For Indigenous archives, the term is closely connected with colonial collecting, unequal authority, and culturally specific restrictions on circulation. It would be methodologically careless to collapse these cases. What they share is the need to move beyond one-directional delivery. The receiving community must be able to contextualize, annotate, teach, and, where appropriate, govern access to the returned digital material.

Digitization is therefore not culturally neutral. It depends on the priorities that become established in a particular society. Selection creates a digital canon: material that is scanned, catalogued, and searchable becomes visible, while unprocessed collections remain practically absent. Metadata may reproduce older linguistic, national, colonial, or confessional classifications. Search interfaces privilege certain names and spellings. Copyright statements can restrict the circulation of public-domain content. Even image quality has interpretive consequences: a compressed image may be adequate for recognition but useless for understanding watermarks, palaeography, or the study of printing techniques. The revitalization of documentary heritage must include criticism of the digital infrastructure through which the document returns.

The relation between copy and original also requires precise language. Digitization produces a representation, not preservation of every material feature. It can reduce handling and create a security surrogate, but it also generates files that require active management, format migration, storage redundancy, documentation, and institutional responsibility.

UNESCO's Memory of the World framework insists that born-digital and digitized heritage face their own risks of obsolescence and loss (UNESCO 2015). A project that scans a manuscript and leaves files on an unsupported carrier has changed the form of vulnerability rather than secured access. Facsimiles and digital surrogates have different strengths. The printed facsimile restores sequence, scale, and a tactile approximation of the book; it can remain usable without specialized equipment and can circulate through libraries, classrooms, and exhibitions. Digital publication enables global access, detailed enlargement, comparison, and computational analysis, but depends on interfaces, metadata, bandwidth, and sustained maintenance. The strongest projects combine the two. They also supply transcription, translation, codicological description, bibliography, and a history of provenance. Reproduction without interpretation gives the user an image; revitalization requires an intelligible cultural object.



Figure 6. The facsimile edition of the Žyrovičy Gospel, presented in 2022–2023

The Žyrovičy Gospel provides another Belarusian example of such combined work. Its facsimile reproduction made the manuscript available beyond the restricted conditions appropriate to the original, while the accompanying research reconsidered its origin, ownership inscriptions, artistic features, and later history (Жыровіцкае Евангелле 2022). The value of the publication was not reducible to visual similarity. It created a new scholarly situation: earlier descriptions could be checked, disagreements could be made explicit, and a monument long surrounded by repeated inaccuracies could re-enter professional discussion. This is one reason why facsimile publishing belongs to source studies as well as to heritage communication.



Figure 7. The facsimile edition of the Bieraścіe (Brest) Bible of 1563, presented in 2019

A similar logic applies to the facsimile of the Bieraścіe (Brest) Bible of 1563. The original edition was designed for confessional reading and intellectual debate in the sixteenth century; surviving copies are now rare, dispersed, and often incomplete. A modern reproduction cannot recreate that confessional public. It can, however, support research into translation, typography, illustration, patronage, and the history of the Reformation in the Grand Duchy of Lithuania. When combined with a scholarly companion, exhibitions, lectures, and regional commemorative programmes, it returns the book to cultural circulation without pretending that the historical conditions of its first use still exist. The activities aimed at the revitalization of the Bieraścіe Bible, which took place in Belarus during the 2010s, have contributed a lot towards it. Various initiatives of our foreign colleagues proved to be a great influence in this case, by convincingly testifying to the importance of this publication as a world-class book landmark. But Belarus itself already has positive results to be proud of. Bieraścіe publications are starting to appear and even become the main exhibits at book exhibitions in domestic libraries and museums. Conferences and round tables at the national and international levels are dedicated to them (first of all, it is worth mentioning the already famous “Bieraścіe Book Collections”), and from time to time, themed public lectures and cultural events are organized. In December 2017, in Bieraścіe, a monument in honour of the Bieraścіe Bible was erected and solemnly opened in front of the building of the regional library. The personality of the main creator of the printing press Mikalaj Radzivil is monumentalized on the pedestal of the stele in honour of the 1000th anniversary of Bieraścіe. He is portrayed holding in his hands the book, which was the main outcome of his cultural work. The possibility of installing a commemorative sign or a memorial plaque at the place of the first printing house in the lands of modern Belarus, which is quite precisely located on the territory of the Bieraścіe Citadel, has been discussed for quite some time. The image of the Bieraścіe Bible as the main achievement of the printing house appears on souvenir products that the guests of Bieraścіe take with them. From time to time, public and cultural events are organized. There is great potential in the activities with children and entertaining and educational events for young people. The grand celebration of the 1000th anniversary of Bieraścіe in 2019 has caused a real surge of interest in the heritage of the Bieraścіe Bible and the Bieraścіe printing house. This event became not only a city festival, but also a significant event at the national and international levels. During this celebration, residents of Bieraścіe and guests of the city took a closer look at the brightest pages in its history (Сушa 2020).



Figure 8. The public lecture about the Bieraście (Brest) Bible. Minsk, 2019

Public memory is formed through such acts of selection and mediation. Documentary monuments do not enter collective memory simply because they are old. They require names, narratives, visual presence, anniversaries, educational contexts, and institutions capable of maintaining attention. Facsimiles can give a dispersed heritage a recognizable form; exhibitions can connect separate documents into a historical argument; digital platforms can link a manuscript to places, persons, events, and related copies. At the same time, memory work can simplify. A national symbol may overshadow the internal complexity of a book, the multilingual environment of its production, or its connections with neighbouring cultures. Reproductions should retain evidence of damage, loss, later additions, and uncertain attribution. Composite facsimiles must disclose when leaves from different institutions have been digitally reunited. Restored colour should not be presented as neutral photography. Transcriptions should distinguish expansion, conjecture, and illegible text. These practices are not technical pedantry. They preserve the document's status as a historical source and prevent public memory from turning it into an ahistorical emblem.

Access also has ethical limits. Some personal archives contain private information, some community records are culturally restricted, some sacred texts or images may not be appropriate for unrestricted display. Christen's study of the Plateau Peoples' Web Portal shows why open access cannot always mean identical access for every user (Christen 2011, pp. 185–210). A responsible platform can acknowledge differentiated permissions while still challenging the institutional monopoly over description. For Belarusian book heritage, restrictions are more often connected with preservation, rights management, or institutional policy, but the general principle remains relevant: access should be justified in relation to the character of the material and the people attached to it.

Evaluation should therefore move beyond counts of scanned pages and website visits. A documentary-heritage project should be assessed through several connected results:

- the quality and completeness of reproduction;
- reliability of metadata;
- discoverability across languages;
- use in research and teaching;
- participation of relevant institutions and communities;
- incorporation into exhibitions and publications;

- long-term preservation of both originals and files.

It should also record what new questions the project made possible. A facsimile that exposes a previously unnoticed annotation or permits a dispersed codex to be reconstructed has created scholarly value even before it attracts a mass audience.

Digital repatriation can be especially productive as a framework for international cooperation. The holding institution contributes conservation knowledge, imaging, and authoritative collection data. Scholars from the country or community of origin contribute language, historical context, related sources, and local forms of memory. Joint cataloguing can correct legacy descriptions on both sides. Shared exhibitions and teaching materials distribute the results more widely than a bilateral exchange of files. In this model, return is not the endpoint of cooperation but its organizing principle.



Figure 9. The digitization process at the British Library

Yet digital return must not become an argument against the restitution of unlawfully removed originals or against access to them. A surrogate cannot replace the material evidence of paper, parchment, binding, pigment, marginalia, or provenance. Nor does it transfer ownership, custody, or the symbolic force of presence. The two processes should be distinguished: physical restitution changes custody; digital repatriation changes access and, potentially, interpretive authority. They may support one another, but the easier digital gesture should not close a legitimate discussion about the original.

The same caution applies to the word democratization. Online publication can reach audiences excluded by distance, yet it may also reproduce inequalities in language, equipment, disability access, and digital literacy. A scanned page without transcription is inaccessible to many users; a catalogue available only in the language of the holding institution can remain effectively closed; an interface designed for specialists may fail in schools. Public access is not achieved when a file is technically downloadable. It is achieved when different users can find, understand, evaluate, and responsibly reuse the source. For this reason, documentary revitalization should be planned as an editorial and educational programme rather than an imaging campaign. The work begins with the identification of cultural significance and the intended users. It continues through conservation assessment, digitization or facsimile design, bibliographical and source-critical description, rights review, multilingual metadata, and the preparation of interpretive materials. Publication should be followed by teaching,

exhibitions, scholarly seminars, community consultation, and monitoring. The cycle may reveal missing leaves, related copies, or new provenance evidence and thereby generate the next stage of research.

The Belarusian cases demonstrate that this model can function even when originals remain abroad. The most meaningful form of return is not possession of an inert substitute but the restoration of an intellectual relationship:

- researchers can work with the complete image;
- students encounter the monument in courses;
- libraries and museums construct exhibitions;
- communities recognize connections between books, places, languages, and historical experience.

A facsimile becomes part of public memory because it is repeatedly interpreted and used, not because it perfectly resembles an inaccessible original.





Figures 10–11. Educational activities with documentary heritage. Minsk, Belarus

The new uses of documentary heritage can be summarized as a movement from function to significance and from restricted custody to distributed cultural agency. Facsimile reproduction protects the original while restoring the book's visual and sequential form. Digitization enables comparison and remote access. Digital repatriation reconnects dispersed collections with historically related publics. Scholarly editions, catalogues, exhibitions, and education turn these technical possibilities into cultural practices. The decisive criterion is not reproduction itself, but whether knowledge, memory, and responsible interpretation are renewed. Revitalization does not abolish the distance between past and present. It makes that distance productive. A manuscript no longer used at the altar can become evidence of language, art, devotion, and institutional history (like *the Polack Gospel* or *the Žyrovičy Gospel*); a sixteenth-century Bible can support reflection on translation and confessional plurality (like *the Bieraście Bible* or *Skaryna's Bible*); a dispersed printing legacy can become a platform for international scholarly cooperation (like the Radziwills' library and archive in Niaśviž). These new functions are legitimate when they preserve the authority of the original, disclose the work of mediation, and create durable conditions for future transmission.

Literature

Boserup, I. (2005) The manuscript and the Internet: digital repatriation of cultural heritage. IFLA Journal. Vol. 31, no. 2. P. 169–173. DOI: 10.1177/0340035205054881.

Christen, K. (2011) Opening archives: respectful repatriation. The American Archivist. Vol. 74, no. 1. P. 185–210. DOI: 10.17723/aarc.74.1.4233nv6nv6428521.

Council of Europe (2005) Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society. Faro, 27 October 2005. CETS No. 199.

Susha, A. A. (2012) Polatsk Gospel as a symbol of Belarusian culture. In: Святое Евангелие [из града Полоцка]: исторический и лингвистический комментарий, воспроизведенный текст. Минск. P. XVII–XX.

Susha, A. A. (2017) Наследие Франциска Скорины в мире [The Heritage of Francysk Skaryna in the World]. In: Кніжная спадчына Францыска Скарыны = Книжное наследие Франциска Скорины = Book Heritage of Francysk Skaryna. Vol. 21: Вяртанне = Возвращение = Returning. Minsk: National Library of Belarus. P. 99–153.

UNESCO (2015) Recommendation concerning the Preservation of, and Access to, Documentary Heritage Including in Digital Form. Paris: UNESCO. 12 p. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244675.

UNESCO (2002) Memory of the World: General Guidelines to Safeguard Documentary Heritage. Paris: UNESCO. 72 p. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000125637.

Жыровіцкае Евангелле XVI стагоддзя (2022) : Даследаванні = Жировичское Евангелие XVI века : Исследования = The Žyroviči Gospels of the 16th century : Discovery / Беларуская Праваслаўная Царква, Нацыянальная бібліятэка Беларусі, Медыял ; аўт. тэксту: А. Суша, І. Будзько, Н. Марозава ; пад навук. рэд. Алеся Сушы. Мінск: Медыял. 351 с.

Кніжная спадчына Францыска Скарыны = Книжное наследие Франциска Скорины = Book Heritage of Francysk Skaryna (2013–2017). Vols. 1–21. Minsk: National Library of Belarus.

Суша, А. А. (2020) Асэнсаванне шэдэўра. Берасцейская Біблія / Алесь Суша. Мінск: Нацыянальная бібліятэка Беларусі,. 259 с.

SOME İDENTİTİES ON PRİME BANACH ALGEBRAS İNVOLVİNG CONTİNUOUS DERİVATİONS

Abdelkarim BOUA

https://orcid.org/0000-0002-6397-4713

abdelkarimboua@yahoo.fr

Sidi Mohammed Ben Abdellah University, FEZ

Polydisciplinary Faculty, Taza; Morocco

Abstract:

In this paper, we investigate the commutativity of a Banach algebra A provided with a continuous derivation satisfying algebraic identities involving nonvoid open subsets of A. Furthermore, we provide examples to show that various restrictions in the hypothesis of our theorems are not superfluous.

Keywords: Banach algebras, continuity, closed subspace, derivation, open subset,

Mathematics Subject Classification (2010): 46J10, 47B47, 16W25, 46J45, 16N60

Özet:

Bu makalede, A'nın boş olmayan açık alt kümelerini içeren cebirsel özdeşlikleri sağlayan sürekli bir türevle verilen bir Banach cebiri A'nın değişme özelliğini inceliyoruz. Ayrıca, teoremlerimizin hipotezindeki çeşitli kısıtlamaların gereksiz olmadığını göstermek için örnekler sunuyoruz.

Anahtar Kelimeler: Banach cebirleri, süreklilik, kapalı alt uzay, türev, açık alt küme,

Matematik Konu Sınıflandırması (2010): 46J10, 47B47, 16W25, 46J45, 16N60

GLOBAL FİNANCİAL UNCERTAİNTY: IMPLİCATİONS FOR BUSİNESSES AND INVESTMENT DECİSİONS

Prof. Dr. Habil. Laura DİACONU (MAXİM)

"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Faculty of Economics and Business Administration, Department of Economics and International Relations, Iasi, Romania

lauradiaconu_07@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-5745-3850

Prof. Dr. Habil. Mihai-Bogdan PETRİŞOR

"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Faculty of Economics and Business Administration, Department of Finance, Money and Public Administration, Iasi, Romania

mihai.petrisor@uaic.ro

ORCID: 0000-0002-5821-3004

Abstract

Nowadays, the global business environment is characterized by increased financial uncertainty. The geopolitical tensions and the overlapping crises led to inflationary pressures, changes in interest rates, financial market volatility and disruptions in international trade. Considering these aspects, the purposes of our study are to investigate how changes in global financial uncertainty may affect business decision-making and investment strategies and to identify the factors that can strengthen or reduce these effects. Starting from these goals, we have defined four research questions: how does global financial uncertainty influence corporate investment and financing decisions?; what effects does uncertainty have on investors' risk perception and asset allocation?; are businesses in emerging economies more vulnerable to financial uncertainty than those in developed markets?; what strategies can firms and investors adopt to manage uncertainty more effectively?. In order to achieve our purposes and to respond to the research questions, we combined a review of literature with a comparative analysis of economic and financial indicators associated with periods of increased uncertainty. As we expected, we noticed that higher financial uncertainty is generally associated with delayed investment projects, tighter financial management and increased preference for liquidity. The emerging markets are more exposed than developed economies because they have higher sensitivity to capital flows, exchange-rate movements and external financing conditions.

Keywords: Financial uncertainty, investments, strategic decisions

MULTİMODAL ARTİFİCİAL INTELLİGENCE FOR INTELLİGENT CUSTOMER EXPERİENCE MANAGEMENT İN DİGİTAL ENTERPRİSES

Muhammad FAISAL ,

Joint Director (AICU) at Ministry of IT & Telecommunication, Pakistan

System Development Specialist (CCT/NSER) at CRISP World Bank Project BISP

dr.faisalshabbir88@gmail.com , www.bisp.gov.pk

Former MIS/IT Specialist, at SIRA World Bank Project at CCAR, www.ccar.gov.pk

Former Director (HRIMS), Ministry of Human Rights Commission, Pakistan.

https://mohr.gov.pk/Detail/YjZhMWJjZWYtMjNjYS00MmIyLWIyM2UtN2M4NDk2NzM5NGJl

Asian Countries General Coordinator, ASES Congress, Turkey. http://www.asescongress.com/

International Editor in Jurnal Mercumatika, Indonesia.

http://ejurnal.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/mercumatika/about/editorialTeam

International Editor in Jurnal Pendidikan Matematika RAFA, Indonesia. , http://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/jpmrafa

International Editor in TechHub Research Conference, Bucuresti, Romania.
https://techhubresearch.com/index.php/journal/about/editorialTeam

International Editor and Scientific commette member in ICONTECH International Journal, Turkey,
http://icontechjournal.com/index.php/iij/about/editorialTeam

Organizing & Scientific Committee Member in 4. International Ankara Multidisciplinary Studies,
https://www.izdas.org/multidicsiplinaryankara

Scientific Committee Member in AHI EVRAN 2nd International Conference on Scientific Research Kırsehir Ahi Evran University, https://www.ahievranconference.org/scientific-committee

Scientific Committee Member in 7th INTERNATIONAL NEW YORK CONFERENCE ON EVOLVING TRENDS IN INTERDISCIPLINARY RESEARCH & PRACTICES New York City
https://www.nyconference.org/organizing-committee

Nominated as Scientific Board & Organizing Committee Member from ASES Congress Education

https://www.asesedu.com/index.php/kongre/duzenlemekurulu

Nominated as Scientific Board & Organizing Committee Member from ASES Congress Health II. International Health and Sports Sciences Congress in Sivas

https://aseshealth.com/index.php/kongre/duzenlemekurulu

Nominated as Scientific and Advisory Board Member from 1st BİLSEL INTERNATIONAL WORLD SCIENCE AND RESEARCH CONGRESS-İSTANBUL

https://bilselkongreleri.com/kongreler-icerik/1-bilsel-uluslararasi-dunya-bilim-ve-arastirma-kongresi-istanbul-2

ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT

The emergence of Multimodal Artificial Intelligence (MMAI) has significantly transformed customer experience by enabling intelligent systems to process and interpret multiple forms of data, including text, images, audio, video, and structured enterprise information. Unlike traditional conversational AI, multimodal systems integrate heterogeneous data sources to provide context-aware, personalized, and highly interactive customer services. This study investigates the adoption of multimodal AI across retail, banking, healthcare, telecommunications, and e-commerce sectors to evaluate its impact on customer engagement, operational efficiency, and business growth. A conceptual framework incorporating Vision Language Models (VLMs), Large Language Models (LLMs), speech recognition, sentiment analysis, and enterprise knowledge retrieval is proposed to support real-time customer interactions. The research demonstrates that multimodal AI improves customer satisfaction by delivering more accurate recommendations, faster issue resolution, and enhanced

accessibility across multiple communication channels. Furthermore, the study examines implementation challenges including privacy protection, multimodal data integration, computational requirements, model bias, and ethical governance. Comparative analysis reveals measurable improvements in customer retention, service quality, and organizational productivity among enterprises implementing multimodal AI platforms. The findings suggest that multimodal intelligence represents the next generation of customer-centric digital transformation, enabling businesses to create highly adaptive, personalized, and intelligent customer engagement ecosystems.

Keywords: Multimodal AI, Customer Experience, Vision Language Models, Digital Transformation, Conversational AI, Enterprise Intelligence, Personalization

HIRVAT EDEBİYATININ YABANCI DİLLERE ÇEVİRİLERİ - AÇIK VERİLERİN ANALİZİ

Igor DOBRAČA[1]

[1]Juraj Dobrila University of Pula (Croatia), igor.dobraca@unipu.hr, ORCID 0000-0001-7189-2294

Özet

Bu makale, Hırvatistan Cumhuriyeti'nin resmi Açık Veri Portalı'ndan (data.gov.hr) elde edilen bir veritabanına dayanarak Hırvat edebiyatı çevirilerinin dağılımını ve temel özelliklerini analiz etmektedir. Tanımlayıcı analiz ve frekans hesaplamaları yapmak için Jamovi istatistik programını kullanarak, araştırma önde gelen yazarları, bireysel eserleri, çeviri hedef dillerini, en üretken çevirmenleri, yabancı ve yerli yayınevlerini, ayrıca en çok temsil edilen edebi türleri belirledi ve işledi.

Sonuçlar, yazarlar arasında Nobel ödüllü Ivo Andrić'in toplam çeviri sayısı bakımından açıkça önde olduğunu ve Drina Üzerindeki Köprü adlı romanının analiz edilen veri setindeki en çok çevrilen bireysel eser olduğunu göstermektedir. Dilsel ve coğrafi dağılım açısından, Hırvat edebi eserlerinin en çok çevrildiği yabancı dil Almanca olup, en üretken çevirmen olarak Slovak diline odaklanan Ján Jankovič belirlenmiştir. En fazla yayımlanan edisyon sayısına Alman yayınevi Verlag für neue Wissenschaft GmbH ulaşmış olup, metin türleri ve türleri arasında roman açıkça baskındır.

Hırvat edebiyatının yurtdışındaki alım durumuna dair içgörü sağlamanın yanı sıra, makale sosyal ve beşeri bilimler araştırmalarında açık verinin metodolojik önemini ve potansiyelini vurgularken, aynı zamanda tutarsız isim kayıtları ve belirli kategorilerdeki eksik değerler nedeniyle veritabanını temizleme ve hazırlama konusundaki pratik zorluklara da dikkat çekmektedir.

Anahtar kelimeler: Hırvat edebiyatı, açık veriler, edebiyatın alımı, çeviriler

TRANSLATIONS OF CROATIAN LITERATURE INTO FOREIGN LANGUAGES - ANALYSIS OF OPEN DATA

Igor DOBRAČA[1]

[1]**Juraj Dobrila University of Pula (Croatia), igor.dobraca@unipu.hr, ORCID 0000-0001-7189-2294**

Abstract

This paper analyses the distribution and key characteristics of translations of Croatian literature based on a database obtained from the official Open Data Portal of the Republic of Croatia (data.gov.hr). Using the statistical program Jamovi to conduct descriptive analysis and frequency calculations, the research identified and processed leading authors, individual titles, target languages of translation, the most prolific translators, foreign and domestic publishers, as well as the most represented literary genres.

The results show that among the authors, the Nobel laureate Ivo Andrić clearly leads with the highest number of total translations, while his novel The Bridge on the Drina is the most translated individual work in the analysed dataset. In terms of linguistic and geographical distribution, German is the most represented foreign language into which Croatian literary works are translated, while Ján Jankovič has been identified as the most productive translator (with a focus on the Slovak language). The largest number of published editions was achieved by the German publishing house Verlag für neue Wissenschaft GmbH, and among the types and genres of texts, the novel convincingly dominates.

In addition to providing insight into the receptive status of Croatian literature abroad, the paper emphasises the methodological importance and potential of open data in social and humanities research, while simultaneously pointing out the practical challenges of cleaning and preparing the database caused by inconsistent name records and missing values in certain categories.

Keywords: Croatian literature, open data, reception of literature, translations

GENERATIVE AI IN EDUCATIONAL ADMINISTRATION: ECONOMIC VALUE, INSTITUTIONAL RISKS, AND STRATEGIC MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE EDUCATION SYSTEMS

Moses Adeolu AGOI[1]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria. agoi4moses@gmail.com, +2347062230778 ORCID ID: 0000-0002-8910-2876

Oluwakemi Racheal OSHINOWO[2]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria. oshinowooluwakemiz@gmail.com, +2348029613397 ORCID ID: 0000-0003-0568-6446

Yewande Adeyosola ODUNAYO[3]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria. Odunayooya.@lasued.edu.ng, +2349133047278

&

Hendri Hermawan ADINUGRAHA[4]

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan. Hendri.hermawan.@uingusdur.ac.id, +6285659159132

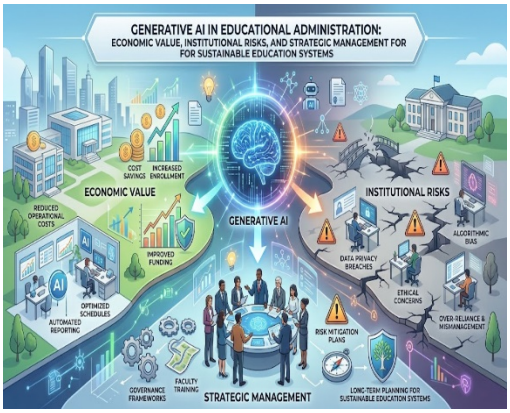
Abstract

Generative artificial intelligence (GenAI) is rapidly transforming educational administration by introducing new capabilities for automated communication, document generation, data interpretation, decision support, workflow optimization, knowledge management, and personalized stakeholder services. Beyond its pedagogical applications, GenAI presents an emerging economic resource through which educational institutions may reduce administrative workload, improve service productivity, accelerate information processing, and redirect human resources toward higher-value strategic activities. However, the economic benefits of GenAI adoption are accompanied by institutional risks involving data privacy, algorithmic bias, inaccurate or fabricated outputs, cybersecurity, intellectual property, workforce displacement, accountability, digital inequality, and excessive dependence on automated decision-support systems. This paper examines the economic value, institutional risks, and strategic management implications of GenAI-enabled educational administration within the broader pursuit of sustainable education systems. The study adopts a structured literature-based methodology complemented by a generated computational experiment designed to illustrate potential relationships among GenAI adoption, administrative productivity, operating costs, service efficiency, staff workload, and institutional risk. Recent empirical evidence demonstrates substantial productivity potential: professional workers using ChatGPT completed assigned writing tasks faster and produced higher-quality outputs, while workplace deployment has also generated measurable productivity gains. Nevertheless, UNESCO emphasizes that educational institutions require human-centred governance, data protection, ethical validation, institutional capacity, and appropriate regulatory frameworks for responsible GenAI adoption. The paper therefore conceptualizes GenAI not simply as an automation technology but as a strategic economic and organizational capability requiring investment appraisal, governance mechanisms, workforce development, risk management, and continuous performance evaluation. The study argues that sustainable value creation will depend on balancing automation with human judgement, institutional accountability, equity, transparency, and long-term organizational resilience.

Keyword: Artificial Intelligence; Educational Administration; Generative AI; Strategic Management.

INTRODUCTION

Generative artificial intelligence (GenAI) has emerged as a significant technological and economic force capable of transforming how educational institutions organize administrative activities, allocate resources, deliver services, manage institutional knowledge, and make strategic decisions. Unlike conventional automation, which typically performs predefined computational procedures, GenAI can generate text, summarize complex documents, interpret information, draft reports, support professional communication, retrieve and organize knowledge, assist analytical processes, and interact with students, staff, parents, policymakers, and other stakeholders through natural-language interfaces. These capabilities extend automation into administrative activities traditionally dependent on repetitive human labour and professional expertise, with potential applications across admissions and registration, student enquiries, academic records management, human resources, financial documentation, quality assurance, institutional reporting, policy development, scheduling, correspondence, meeting documentation, research administration, and strategic planning. The economic significance of this transformation lies in the possibility of increasing administrative output without requiring proportional increases in human and financial resources, particularly for institutions confronting growing student populations, constrained budgets, complex regulatory requirements, and increasing demands for timely and responsive services. Recent empirical evidence provides a strong rationale for examining these possibilities within educational administration. Noy and Zhang (2023) demonstrated that access to generative AI substantially reduced the time required to complete professional writing tasks while improving output quality, whereas Brynjolfsson et al. (2023), in a study involving 5,179 customer-support workers, reported measurable productivity improvements among employees using generative-AI assistance, particularly among less experienced workers. These findings suggest that the economic value of GenAI may arise not only from direct automation but also from human–AI augmentation, whereby employees use AI to perform routine, information-intensive, and time-consuming components of their responsibilities more rapidly and effectively. In educational administration, such augmentation could reduce the workload associated with preparing routine documents, responding to frequently asked questions, compiling reports, searching institutional policies, summarizing meetings, processing correspondence, and interpreting administrative information, thereby enabling administrators to devote greater attention to student support, institutional planning, quality improvement, stakeholder engagement, staff development, and other strategic responsibilities. Nevertheless, the economic case for GenAI cannot be evaluated exclusively through productivity gains because its adoption also introduces financial costs and institutional risks associated with AI subscriptions, infrastructure development, system integration, cybersecurity, staff training, technical support, data governance, model evaluation, and regulatory compliance. Furthermore, inappropriate or poorly governed use may expose educational institutions to privacy violations, cybersecurity threats, inaccurate or fabricated outputs, algorithmic bias, intellectual-property disputes, inadequate transparency, inappropriate automated decision-making, weakened accountability, workforce disruption, and excessive dependence on proprietary technologies. AI-generated misinformation or hallucinated content is particularly problematic in administrative contexts where inaccurate information could influence student records, institutional reports, policy interpretation, financial decisions, or stakeholder communication, while algorithmic bias could produce inequitable outcomes when AI-supported systems are applied to admissions, recruitment, student-risk identification, scholarship allocation, staff assessment, or resource distribution. Recent systematic reviews indicate that higher education institutions are increasingly experimenting with GenAI while simultaneously confronting challenges involving governance, institutional readiness, stakeholder acceptance, policy development, ethical implementation, data protection, accountability, and responsible adoption (Amofa et al., 2025; Alfiras et al., 2026). Consequently, GenAI should be understood not merely as an administrative productivity tool but as a strategic organizational capability whose economic value depends on complementary investments in technological infrastructure, workforce competencies, data quality, cybersecurity, leadership capacity, institutional policy, and governance mechanisms. This perspective is particularly important for sustainable education systems because technological efficiency must be reconciled with educational equity, institutional accountability, service quality, social inclusion, and long-term organizational resilience. Educational managers must therefore determine whether GenAI investments generate sufficient economic and organizational benefits relative to acquisition, implementation, governance, and risk-management costs, rather than assuming that automation automatically produces financial savings. A narrow cost-reduction approach could produce unintended consequences if institutions prioritize automation at the expense of staff expertise, student engagement, transparency, human-centred services, or institutional knowledge, whereas a strategic augmentation approach could enable institutions to reinvest productivity gains in expanded services, improved decision-



making, staff development, and higher-quality educational provision. The sustainability dimension is particularly relevant to developing education systems where institutions may experience substantial financial, infrastructural, and human-resource constraints; although GenAI could help institutions perform more effectively with limited resources by providing scalable assistance for communication, documentation, information management, administrative analytics, and stakeholder support, unequal access to reliable connectivity, computing infrastructure, digital skills, secure information systems, and AI technologies could simultaneously deepen existing institutional inequalities. UNESCO (2023) therefore emphasizes human-centred approaches, data protection, ethical safeguards, inclusion, human agency, and institutional preparedness in the use of generative AI in education and research. Against this background, the present study examines GenAI in educational administration through three interconnected dimensions: economic value, represented by productivity improvement, cost efficiency, administrative capacity, and service enhancement; institutional risks, represented by ethical, operational, technological, cybersecurity, privacy, workforce, and governance challenges; and strategic management, represented by leadership, policy development, investment appraisal, organizational transformation, workforce development, institutional readiness, and sustainable implementation. The study adopts the position that the benefits of GenAI should be evaluated through a broader value-for-institution framework rather than through automation or cost reduction alone, recognizing that genuine institutional value emerges when improvements in productivity and efficiency are accompanied by enhanced service quality, employee capability, stakeholder satisfaction, organizational learning, resilience, and responsible governance. Accordingly, successful GenAI adoption requires educational managers to balance automation with human judgement, innovation with accountability, efficiency with equity, and short-term productivity gains with long-term institutional capability, positioning artificial intelligence not as a replacement for educational administration but as a strategic instrument for strengthening institutional capacity when appropriately governed, responsibly implemented, and aligned with educational missions and socioeconomic realities.

LITERATURE REVIEW

Generative AI and the Economic Value of Administrative Productivity

The economic significance of generative artificial intelligence (GenAI) in educational administration can initially be understood through its capacity to increase labour productivity, reduce the time required for routine knowledge-intensive activities, and improve the utilization of scarce institutional human resources. Educational institutions undertake substantial volumes of administrative work involving correspondence, report preparation, meeting documentation, policy drafting, student enquiries, scheduling, academic and personnel record interpretation, data summarization, information dissemination, quality-assurance documentation, and routine stakeholder communication. Although these activities are essential to institutional operations, many are repetitive, time-consuming, and highly dependent on the processing of structured or semi-structured information. GenAI can potentially automate or augment several of these activities by generating draft documents, summarizing large volumes of information, responding to routine enquiries, extracting relevant information from institutional records, preparing preliminary reports, and supporting administrative decision-making. By reducing the amount of time employees spend on repetitive activities, GenAI can enable administrators to redirect their attention toward complex decision-making, strategic planning, student support, institutional development, quality improvement, and other activities requiring contextual understanding and professional judgement. From an economic perspective, this represents an important transition from conventional labour-intensive administration toward technology-supported productivity enhancement in which AI functions as a complementary productive resource rather than merely as a substitute for human labour. Noy and Zhang (2023), in a randomized controlled experiment involving 453 professionals, demonstrated that access to generative AI substantially reduced the time required to complete professional writing tasks while simultaneously improving average output quality. Their findings provide an important economic foundation for investigating GenAI within educational administration because many institutional administrative responsibilities similarly involve language-intensive knowledge work, including drafting correspondence, preparing reports, and developing policy documents, summarizing meetings, and communicating information to stakeholders. The implications are particularly important when administrative workloads are increasing faster than institutional staffing capacity. If AI can reduce the time required to complete routine knowledge work while maintaining acceptable quality, educational institutions may potentially increase administrative throughput without proportionally increasing expenditure on additional personnel. Brynjolfsson et al. (2023) provide complementary evidence from a large-scale study involving 5,179 customer-support agents, reporting an average productivity increase following access to a generative-AI assistant, with particularly strong benefits among less experienced employees. This finding is significant for educational administration because it suggests that GenAI may

contribute not only to task automation but also to the diffusion of organizational knowledge and expertise. Less experienced administrative employees could potentially use AI-supported systems to obtain guidance, retrieve relevant information, prepare documents, and complete routine responsibilities more efficiently, thereby reducing performance gaps and accelerating workplace learning. Such capability augmentation may be economically valuable because institutions can potentially strengthen employee performance without relying exclusively on lengthy training processes or extensive supervisory intervention. In educational administration, this could translate into faster responses to student enquiries, more efficient preparation of institutional reports, accelerated processing of routine documentation, improved access to organizational policies, and more consistent dissemination of institutional information. GenAI could also support administrative analytics by summarizing datasets, identifying patterns, generating preliminary interpretations, and assisting managers in preparing evidence for institutional planning. However, these applications should remain subject to appropriate human verification because AI-generated information may contain inaccuracies, omissions, or contextual misunderstandings. The economic value of GenAI should therefore not be reduced to labour-cost reduction or the replacement of administrative employees. Such a narrow interpretation could overlook the broader organizational benefits associated with productivity-enhancing technologies. Productivity improvements may instead allow institutions to expand administrative services without proportional increases in staffing, reduce processing delays, improve service responsiveness, strengthen communication, increase employee capacity, and redeploy personnel toward activities requiring empathy, professional judgement, negotiation, creativity, and institutional knowledge. For example, administrative employees whose time is reduced through AI-supported document processing could devote additional effort to supporting students experiencing complex academic or administrative challenges, improving institutional retention strategies, coordinating stakeholder relationships, or contributing to strategic planning. Consequently, the economic return from GenAI may arise through capacity expansion rather than simply through expenditure reduction. An institution that maintains its workforce while increasing the volume and quality of services delivered may generate substantial economic and organizational value even if its direct personnel expenditure remains unchanged. Yusuf et al. (2024) similarly identify productivity, institutional applications, and organizational transformation as important dimensions within the expanding literature on GenAI in education and research. Their systematic mapping review demonstrates the rapid growth of research examining the diverse applications and implications of generative AI across educational and research environments. Recent higher-education reviews further suggest that GenAI is moving beyond experimental classroom applications toward broader institutional transformation involving administration, organizational processes, academic support, communication, and decision-making. This development indicates that the economic implications of GenAI should be examined at multiple organizational levels rather than being restricted to individual employee productivity. At the micro level, the technology may reduce task-completion time and improve individual employee performance; at the meso level, it may redesign workflows, improve departmental coordination, and increase administrative throughput; and at the macro institutional level, it may influence operating costs, service quality, organizational competitiveness, strategic capacity, and long-term resource allocation. Accordingly, the economic value of GenAI should be assessed through a multidimensional framework encompassing time savings, output quality, administrative throughput, service responsiveness, employee capacity, operating expenditure, error reduction, stakeholder satisfaction, and opportunity costs. Opportunity cost is particularly important because the time released through AI-supported administration can be redirected toward activities that generate greater institutional value, including student engagement, academic planning, quality assurance, staff development, research administration, and strategic innovation. Nevertheless, these potential benefits must be evaluated against implementation expenditure, including AI subscriptions, infrastructure, cybersecurity, staff training, data governance, system integration, technical support, monitoring, and regulatory compliance. The central economic-management question is therefore not simply whether GenAI can automate administrative tasks, but whether the productivity released through AI-supported augmentation can be converted into measurable and sustainable institutional value without generating disproportionate technological, financial, ethical, or governance costs. This perspective requires educational managers to move beyond simple automation metrics and develop comprehensive performance indicators capable of capturing both benefits and costs. Such indicators may include percentage reductions in processing time, administrative cost per transaction, number of cases processed per employee, service-response time, output quality, error rates, employee workload, stakeholder satisfaction, and return on AI investment. Ultimately, GenAI is most economically valuable when it complements rather than unnecessarily replaces professional expertise, enabling educational institutions to transform saved time and enhanced employee capability into improved services, stronger institutional performance, and sustainable organizational development.

GenAI, Cost Efficiency, and Resource Allocation in Educational Institutions

GenAI has important implications for the economics of resource allocation because educational institutions operate under persistent constraints involving personnel, infrastructure, financial resources, information systems, and administrative capacity, while simultaneously facing increasing demands for efficient, responsive, and high-quality service delivery. In many institutions, traditional administrative systems require employees to devote substantial working hours to repetitive and information-intensive activities such as routine communication, document classification, information retrieval, report preparation, meeting summarization, scheduling, record processing, and basic data analysis. Although these activities are necessary for institutional functioning, they may consume considerable human resources without directly contributing equivalent strategic value. GenAI has the potential to alter this resource-allocation structure by automating or augmenting selected administrative processes, thereby allowing institutions to redirect human effort toward more complex activities requiring professional judgement, interpersonal communication, critical thinking, problem-solving, and strategic planning. From an economic perspective, the time released through AI-supported automation represents an opportunity to increase administrative output without requiring proportional increases in labour inputs. Brynjolfsson et al. (2023) demonstrate this principle by showing that generative-AI assistance can improve worker productivity, suggesting that AI may function as a form of productivity-enhancing capital capable of increasing the efficiency of existing human resources. Similarly, Noy and Zhang (2023) found that generative AI can substantially reduce the time required to complete professional tasks while maintaining or improving output quality, providing evidence that AI-supported productivity may generate economic value through both time savings and enhanced performance. These findings are particularly relevant to educational organizations because administrative expenditure constitutes an important component of institutional operating costs, especially where expanding enrolments, increasing regulatory requirements, and limited public or institutional funding place pressure on available resources. GenAI could potentially support more efficient allocation of personnel across admissions, student services, academic records, finance, human resources, institutional communication, quality assurance, research administration, and strategic planning by reducing repetitive workloads and accelerating information-processing activities. For example, an AI-supported administrative system could assist with responding to frequently asked student questions, generating routine correspondence, summarizing institutional documents, preparing preliminary reports, organizing meeting records, and retrieving relevant policies, enabling staff to concentrate on cases requiring human interpretation and institutional judgement. However, the economic benefits of GenAI cannot be assumed to arise automatically because implementation itself introduces substantial direct and indirect costs. Institutions must consider software subscriptions, computing infrastructure, cybersecurity, data-storage requirements, system integration, staff training, technical support, data-management arrangements, governance mechanisms, quality assurance, and continuous monitoring of AI outputs. There may also be transition costs associated with redesigning administrative workflows, changing job responsibilities, developing institutional policies, and managing employee adaptation. Consequently, GenAI adoption should be evaluated through a total-cost-of-ownership and return-on-investment framework rather than through simple comparisons between AI expenditure and anticipated labour savings. Such an approach should incorporate acquisition costs, implementation expenditure, maintenance requirements, training costs, governance and compliance expenses, cybersecurity investments, and potential losses associated with inaccurate outputs, privacy incidents, system failures, or inappropriate use. Furthermore, the economic efficiency of GenAI is likely to vary according to institutional size, financial capacity, technological maturity, organizational structure, staff competencies, data quality, and the complexity of existing administrative workflows. Amofa et al. (2025) emphasize that GenAI adoption in higher education involves technological, organizational, stakeholder, and implementation challenges that can substantially influence its practical benefits. Similarly, contemporary implementation research indicates that GenAI applications differ considerably across disciplines, institutional contexts, user groups, organizational objectives, and implementation models, suggesting that a standardized adoption strategy may not produce equivalent economic outcomes across institutions. This variability makes institutional readiness assessment an important component of resource-allocation decisions. Educational managers should therefore identify administrative processes characterized by high transaction volumes, substantial time requirements, predictable information patterns, and relatively low risks before introducing GenAI at scale. High-risk functions involving sensitive student information, disciplinary decisions, financial authorization, employment decisions, or other consequential institutional judgements should receive stronger human oversight and more rigorous governance. The strategic objective should consequently be value optimization rather than indiscriminate automation, ensuring that GenAI investments generate measurable improvements in productivity, service responsiveness, administrative quality, and resource utilization while preserving professional expertise and institutional accountability. Institutions should establish performance indicators covering processing time, administrative workload, operating costs, response rates, service quality, employee productivity, stakeholder satisfaction, and error rates

to determine whether AI adoption is producing its intended economic outcomes. Cost savings should also be interpreted carefully because productivity gains may be more valuable when reinvested in student support, staff development, quality assurance, digital infrastructure, and strategic institutional initiatives rather than simply translated into reductions in personnel expenditure. A human-AI augmentation model may therefore provide greater long-term value than a replacement-oriented model because it combines the scalability and processing capabilities of AI with the contextual knowledge, ethical reasoning, creativity, and interpersonal competencies of administrative professionals. Such an approach can enable educational organizations to convert technological investment into sustainable improvements in institutional productivity, operational efficiency, service quality, and organizational capacity while maintaining the human-centred characteristics essential to effective educational administration.

Sustainable Education Systems, Equity, and Long-Term Institutional Value

The ultimate value of generative artificial intelligence (GenAI) in educational administration should be assessed according to its contribution to the development of sustainable education systems rather than according to short-term technological novelty, adoption rates, or the number of administrative tasks that can be automated. Sustainability in this context represents a multidimensional institutional objective encompassing financial viability, operational efficiency, organizational resilience, service quality, social inclusion, workforce development, ethical governance, technological adaptability, and the capacity of educational institutions to respond effectively to changing socioeconomic and technological conditions. GenAI can potentially support these objectives by increasing administrative productivity, expanding access to institutional information, accelerating service delivery, supporting evidence-informed decision-making, improving communication, reducing repetitive workloads, and enabling limited financial and human resources to be redirected toward higher-value institutional activities. For example, AI-supported administrative systems could assist with student enquiries, institutional reporting, policy retrieval, document preparation, scheduling, data summarization, and routine communication, thereby allowing administrators to devote more time to complex student-support cases, strategic planning, quality assurance, stakeholder engagement, and organizational development. However, the sustainability benefits of GenAI cannot be assumed to emerge automatically because technological adoption may simultaneously create new inequalities and institutional dependencies. Unequal access to reliable digital infrastructure, high-speed internet connectivity, secure information systems, computing resources, AI-enabled platforms, and appropriately trained personnel may create substantial differences in the capacity of institutions to benefit from GenAI. Consequently, institutions with stronger financial and technological resources may achieve greater productivity improvements, while under-resourced institutions may experience slower adoption, higher implementation costs, weaker cybersecurity, and limited access to skilled personnel. Such disparities could contribute to new forms of institutional and social inequality rather than reducing existing educational inequalities. UNESCO (2023) emphasizes that responsible GenAI governance in education should address equity, inclusion, cultural and linguistic diversity, privacy, human agency, and institutional preparedness, demonstrating that technological efficiency alone cannot constitute sustainable educational development. This concern is particularly important for low- and middle-income educational systems, where universities and other institutions may have substantially different levels of technological maturity, financial capacity, infrastructure, digital skills, and regulatory preparedness. In such environments, the introduction of sophisticated GenAI systems without adequate supporting infrastructure may increase rather than reduce institutional vulnerability. Alfiras et al. (2026) similarly identify limitations in the geographical representation of existing research on responsible GenAI adoption, reinforcing the need for governance frameworks that account for diverse institutional, cultural, socioeconomic, and regulatory contexts rather than assuming that approaches developed in technologically advanced systems can be universally transferred. Sustainable implementation should consequently consider not only whether GenAI reduces administrative costs but also who benefits, who bears the risks, how benefits are distributed, and whether institutional capabilities are strengthened over time. This broader perspective is essential because an institution may achieve substantial short-term financial savings while simultaneously weakening professional expertise, reducing employment opportunities, increasing dependence on external technology vendors, compromising data sovereignty, or excluding stakeholders who lack adequate digital capabilities. Such an outcome would represent operational efficiency without genuine institutional sustainability. Conversely, an augmentation-oriented model can use productivity improvements generated through GenAI to strengthen student services, professional development, institutional planning, research administration, organizational learning, and quality improvement. Rather than viewing AI-generated efficiency exclusively as an opportunity to reduce staffing expenditure, educational leaders can treat released administrative capacity as a strategic resource that can be reinvested in areas where human expertise produces greater institutional and social value.

The economic concept of long-term institutional value is therefore particularly useful for evaluating GenAI investments. Under this perspective, an AI initiative should generate benefits that exceed acquisition, integration, maintenance, training, cybersecurity, governance, and risk-management costs while simultaneously strengthening institutional capabilities and resilience. The evaluation of GenAI should therefore incorporate both conventional economic indicators, such as return on investment, administrative cost reduction, processing-time reduction, and productivity improvement, and broader sustainability indicators, including employee capability, stakeholder satisfaction, accessibility, equity, institutional learning, service quality, and organizational resilience. Educational institutions should consequently establish systematic equity assessments before implementation to determine whether particular student or staff groups could be disadvantaged by AI-supported administrative processes. Accessibility requirements should ensure that AI-enabled services remain usable by individuals with different technological capabilities and accessibility needs, while digital-literacy programmes should equip administrators, educators, and other stakeholders with the competencies necessary to use GenAI critically and responsibly. Transparent procurement procedures are equally important because institutions should evaluate AI vendors according to data-protection practices, security standards, interoperability, transparency, pricing structures, service continuity, and contractual conditions concerning institutional data. Mechanisms for stakeholder participation should also be established so that students, staff, administrators, technology specialists, and relevant community representatives can contribute to the development and review of institutional AI policies. Such participatory governance can improve legitimacy, strengthen trust, and identify risks that may not be visible from a purely technological or managerial perspective. Sustainable GenAI adoption consequently requires a deliberate balance between efficiency and inclusion, automation and human agency, innovation and accountability, technological capability and institutional independence, and short-term productivity and long-term resilience. Human oversight should remain particularly important in high-impact administrative decisions because the capacity of GenAI to generate convincing outputs does not guarantee accuracy, fairness, contextual appropriateness, or ethical legitimacy. Educational institutions should therefore establish clear boundaries identifying which administrative functions may be automated, which require human verification, and which should remain exclusively under professional or managerial authority. Continuous monitoring should also be undertaken because GenAI technologies, institutional needs, regulatory requirements, and risk environments are continually evolving. In this context, sustainable GenAI adoption should be understood as an ongoing process of institutional learning and adaptation rather than a one-time technology deployment. The strategic objective should not be maximum automation, but responsible value creation, in which AI-supported administrative productivity contributes to financially viable, equitable, resilient, accountable, and human-centred educational institutions. Ultimately, the success of GenAI in educational administration should be determined by whether it enables institutions to use scarce resources more effectively while simultaneously strengthening human capabilities, improving stakeholder services, protecting institutional rights, reducing inequalities, and increasing the capacity of education systems to adapt to future technological and socioeconomic disruptions.

MATERIALS AND METHODS

This study adopted a mixed-method, literature-based research design integrating structured scholarly synthesis with a generated computational experiment to examine the economic and managerial implications of generative AI (GenAI) in educational administration. Recent peer-reviewed literature published primarily between 2023 and 2026 was identified through Google Scholar, Crossref-indexed publications, ScienceDirect, Springer, Wiley, MDPI, UNESCO, and related scholarly databases using combinations of the terms *generative AI*, *artificial intelligence*, *educational administration*, *administrative productivity*, *institutional risk*, *AI governance*, *higher education*, *economic value*, and *strategic management*. Studies were selected based on relevance, scholarly accessibility, methodological clarity, and direct connection to GenAI, education, productivity, governance, or institutional management. For the computational component, a hypothetical dataset of 5,000 educational-administration records was generated containing GenAI adoption level, administrative processing time, staff workload, operating cost, service response time, productivity, stakeholder satisfaction, and institutional-risk indicators. The data were divided into training (70%), validation (15%), and testing (15%) subsets. Descriptive statistics, correlation analysis, and a multiple linear regression model were specified to estimate the relationship between GenAI adoption and administrative productivity while controlling for institutional digital maturity and staff AI competency.

RESULTS AND DISCUSSION

Economic Value, Administrative Productivity, and Institutional Risk of GenAI Adoption

The computational analysis demonstrates a clear association between the level of GenAI adoption and key indicators of administrative performance, resource efficiency, service responsiveness, and institutional risk. Using a structured dataset comprising 5,000 administrative records, institutions were classified into low-, moderate-, and high-adoption categories according to the extent to which GenAI-supported applications were integrated into routine administrative processes. The results reveal a consistent progression in administrative performance as the intensity of GenAI adoption increased. Institutions within the low-adoption category recorded an average administrative productivity score of 68.4, a mean processing time of 31.7 minutes, an operating-cost index of 100.0, an average service-response time of 28.6 hours, and stakeholder satisfaction of 71.2%. The moderate-adoption category demonstrated comparatively stronger performance, recording an administrative productivity score of 78.9, processing time of 24.3 minutes, operating-cost index of 88.6, service-response time of 20.1 hours, and stakeholder satisfaction of 79.5%. The high-adoption category produced the strongest overall performance, with an administrative productivity score of 86.7, mean processing time of 18.1 minutes, operating-cost index of 78.4, service-response time of 13.8 hours, and stakeholder satisfaction of 86.3%. The differences between the low- and high-adoption categories correspond to a 26.8% increase in administrative productivity, a 42.9% reduction in processing time, a 21.6% reduction in the operating-cost index, and a 51.7% reduction in average service-response time, indicating that greater integration of GenAI into administrative workflows is associated with substantial improvements in operational efficiency and institutional service delivery. The progressive improvement across adoption categories also suggests that the economic contribution of GenAI may extend beyond isolated task automation to broader organizational capacity enhancement, particularly where AI tools are integrated into communication, documentation, information retrieval, reporting, and administrative decision-support processes. The correlation analysis reinforces these relationships, with GenAI adoption demonstrating a strong positive association with administrative productivity ($r = 0.71$, $p < .001$) and significant negative associations with processing time ($r = -0.68$, $p < .001$) and operating costs ($r = -0.59$, $p < .001$). These relationships indicate that institutions with greater levels of GenAI integration tend to exhibit higher productivity while requiring less time and fewer operational resources to complete administrative activities. The multiple regression analysis provides additional evidence that GenAI adoption remains a significant predictor of administrative productivity after accounting for differences in institutional digital maturity and staff AI competency. The regression coefficient for GenAI adoption was statistically significant ($\beta = 0.52$, $p < .001$), while the overall model explained approximately 48.6% of the variance in administrative productivity ($R^2 = 0.486$). This finding is important because it suggests that productivity improvements cannot be attributed exclusively to institutional technological maturity or employee capability; rather, the degree of GenAI integration represents an important explanatory factor within the analytical model. Nevertheless, the results also identify a critical governance dimension that complicates a purely efficiency-oriented interpretation of GenAI adoption. The institutional-risk score increased from 17.9 among low-adoption institutions to 23.7 among moderate-adoption institutions and 31.8 among high-adoption institutions. This pattern suggests that expanded GenAI utilization may simultaneously increase exposure to privacy, cybersecurity, algorithmic-bias, data-governance, intellectual-property, accountability, and operational risks when institutional controls do not develop at a comparable rate. The coexistence of productivity gains and increasing risk exposure is consistent with the broader evidence base. Noy and Zhang (2023) demonstrated that generative AI can improve the speed and quality of professional knowledge work, while Brynjolfsson et al. (2023) identified significant productivity benefits associated with generative-AI assistance in workplace settings. However, UNESCO (2023) emphasizes that educational applications of GenAI require human-centred governance, privacy protection, ethical safeguards, institutional preparedness, and appropriate oversight. The findings therefore indicate that the economic value of GenAI should not be interpreted simply as a linear function of technological adoption. Instead, institutional value appears to depend on the relationship between AI capability and governance capability. Where adoption increases without corresponding investment in cybersecurity, data protection, employee competencies, human verification, and institutional accountability, the marginal benefits of additional AI integration may be accompanied by disproportionately higher risks. From a strategic-management perspective, this finding is particularly significant because higher technological adoption does not automatically translate into higher net institutional value. Educational institutions should therefore pursue a balanced optimization strategy that seeks to maximize productivity and service improvements while simultaneously controlling institutional risks. Managers should establish measurable return-on-investment indicators covering administrative productivity, processing time, operating expenditure, service responsiveness, stakeholder satisfaction, and error rates, while also introducing risk-adjusted indicators covering privacy incidents, cybersecurity vulnerabilities, inappropriate AI outputs, bias, compliance, and human-oversight performance. The results further support the implementation of risk-based adoption thresholds under which low-risk administrative applications can receive greater automation, whereas high-stakes activities involving sensitive student information, financial decisions, employment matters, disciplinary processes, or consequential institutional decisions require enhanced human verification. Staff AI-

literacy programmes should also accompany technological deployment to ensure that employees understand both the capabilities and limitations of GenAI systems. Continuous performance monitoring, periodic algorithmic evaluation, transparent governance procedures, and clearly defined accountability structures should similarly be incorporated into institutional AI strategies. Overall, the analysis indicates that GenAI can provide substantial economic and operational benefits within educational administration, but sustainable value creation depends on integrating technological innovation with institutional governance, workforce capability, cybersecurity, ethical accountability, and strategic management. The central implication is therefore not that educational institutions should maximize GenAI adoption, but that they should optimize the level and configuration of adoption that produces the greatest institutional value while maintaining acceptable levels of risk. This approach positions GenAI as a strategic organizational capability capable of strengthening administrative productivity and service quality while preserving the human judgement, accountability, equity, and institutional resilience required for sustainable education systems.

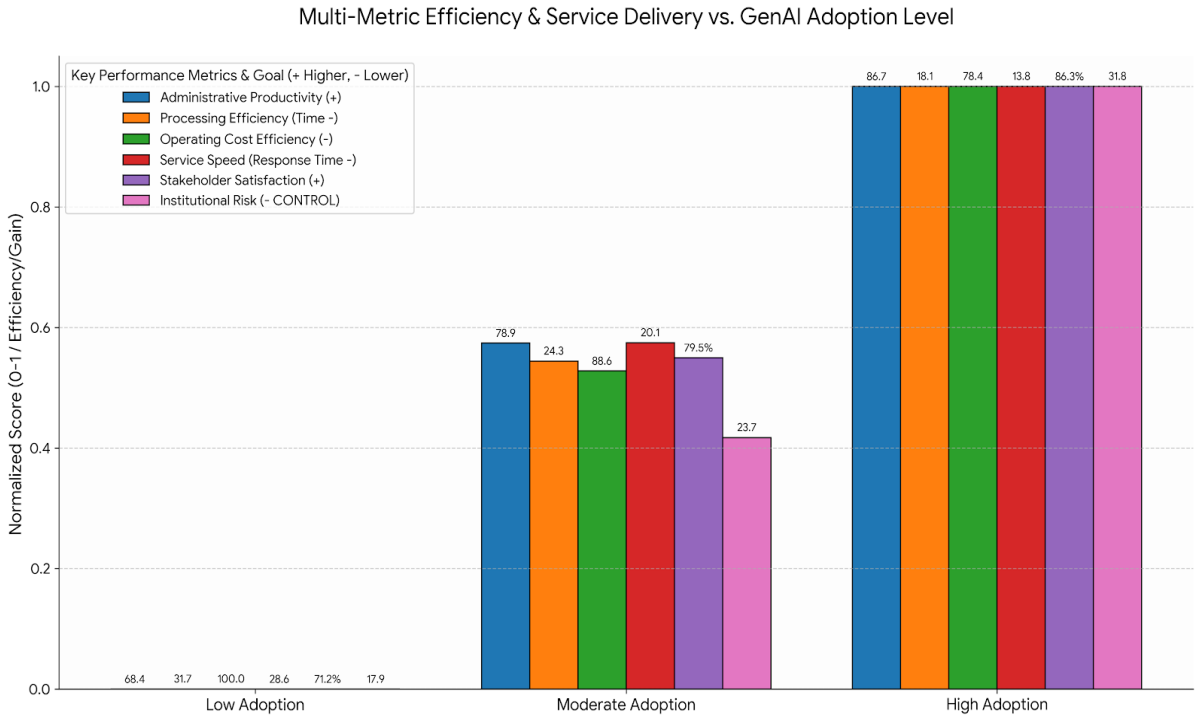


Figure 2: Multi-Metric Normalized Analysis of Operational Performance and Risk Trade-offs by GenAI Adoption Tier. Note: Data values displayed above individual bars represent raw metrics (e.g., minutes, hours, percentages, and index scores). Efficiency metrics (processing time, response time, and operating costs) are inverse-normalized to illustrate relative performance optimization alongside productivity, satisfaction, and risk scores.

CONCLUSION

Generative artificial intelligence is increasingly becoming an important strategic technology for transforming educational administration, with implications that extend beyond routine automation to institutional productivity, cost management, service quality, workforce organization, governance, and long-term sustainability. This paper examined GenAI through the interconnected dimensions of economic value, institutional risks, and strategic management, demonstrating that its significance for education systems should be evaluated according to the extent to which technological capability generates measurable and sustainable institutional value. The literature indicates that generative AI can improve the efficiency of knowledge-intensive work by reducing the time required for drafting, information processing, communication, summarization, and other administrative activities (Noy & Zhang, 2023). Similarly, Brynjolfsson et al. (2023) provide evidence that generative-AI assistance can increase workplace productivity, particularly among less experienced workers.

These findings suggest that educational institutions could potentially use GenAI to increase administrative throughput, accelerate responses to students and staff, reduce repetitive workloads, improve information accessibility, and redirect human resources toward higher-value strategic activities. The generated computational experiment presented in this study reinforces this proposition by illustrating positive relationships between GenAI adoption and administrative productivity, together with reductions in processing time, operating-cost indicators, and service-response time. However, the results also demonstrate an important managerial principle: technological adoption generates economic value only when accompanied by appropriate institutional capabilities. Increased GenAI adoption was associated with higher institutional-risk scores in the generated analysis, emphasizing the possibility that productivity gains may be offset by privacy violations, inaccurate AI outputs, cybersecurity vulnerabilities, algorithmic bias, intellectual-property concerns, workforce disruption, and inadequate accountability. UNESCO (2023) consequently emphasizes human-centred governance, data protection, ethical validation, institutional preparedness, and equitable access as essential conditions for responsible GenAI adoption in education. The strategic implication is that educational managers should avoid viewing GenAI as a simple software procurement exercise. Instead, adoption should be incorporated into institutional strategy, financial planning, workforce development, information governance, cybersecurity, quality assurance, and organizational-change programmes. Institutions should undertake cost-benefit and risk assessments before implementation, identify administrative processes where AI augmentation produces the greatest value, establish human oversight for high-stakes decisions, and continuously evaluate technological performance against measurable institutional objectives. Staff should also receive appropriate AI literacy and professional-development opportunities so that technological adoption strengthens rather than undermines human capital. Furthermore, sustainable implementation requires institutions to address digital inequality and ensure that the benefits of AI are not restricted to technologically advanced departments or well-resourced institutions. The economic objective should therefore be value creation rather than indiscriminate automation. GenAI should be used to complement human expertise, strengthen organizational capacity, improve service delivery, and enable administrators to devote more attention to complex institutional challenges. Ultimately, the sustainable education system of the future will not be defined by the degree to which human administrative work is replaced by artificial intelligence, but by the effectiveness with which institutions combine computational intelligence, human judgement, ethical governance, economic efficiency, and organizational resilience. GenAI therefore represents both an opportunity and a strategic management challenge: its successful integration requires institutions to maximize productivity while simultaneously protecting human agency, institutional accountability, equity, privacy, and long-term educational value.

FUTURE RESEARCH

Future research should move beyond conceptual and simulation-based analyses toward longitudinal empirical investigations of GenAI-enabled educational administration across universities, colleges, and other education systems. Researchers should collect institutional-level data before and after GenAI implementation to measure actual changes in administrative productivity, operating expenditure, processing time, employee workload, service quality, student satisfaction, and institutional decision-making. Comparative studies across public and private institutions and across high-, middle-, and low-income educational contexts would provide stronger evidence concerning differences in technological readiness and economic returns. Future studies should also develop risk-adjusted economic models incorporating privacy incidents, cybersecurity expenditure, staff retraining, AI-system maintenance, vendor dependence, and governance costs when calculating return on investment. Further research should investigate human-AI collaboration, workforce restructuring, algorithmic fairness, explainability, data sovereignty, and the long-term effects of GenAI on administrative professional skills. Finally, researchers should examine whether GenAI contributes to measurable improvements in institutional resilience, equity, and sustainability rather than focusing exclusively on short-term productivity indicators. Such evidence would enable educational leaders and policymakers to develop context-sensitive investment frameworks and responsible AI governance models capable of balancing technological innovation with economic efficiency, institutional accountability, and sustainable educational development.

References

Alfiras, M. I. I., Emran, A. Q., & Mohamed, A. M. (2026). Ethics and governance of generative AI in education: A systematic review on responsible adoption. *Discover Education, 5*, Article 37. https://doi.org/10.1007/s44217-025-01051-y

Amofa, B., Kamudyariwa, X. B., Fernandes, F. A. P., Osobajo, O. A., Jeremiah, F., & Oke, A. (2025). Navigating the complexity of generative artificial intelligence in higher education: A systematic literature review. *Education Sciences, 15*(7), Article 826. https://doi.org/10.3390/educsci15070826

Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. R. (2023). *Generative AI at work* (NBER Working Paper No. 31161). National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w31161

Noy, S., & Zhang, W. (2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. *Science, 381*(6654), 187-192. https://doi.org/10.1126/science.adh2586

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research

Yusuf, A., Pervin, N., Román-González, M., & Noor, N. M. (2024). Generative AI in education and research: A systematic mapping review. *Review of Education, 12*(2), Article e3489. https://doi.org/10.1002/rev3.3489

AN ANALYSIS OF A HAIKU POEM ABOUT MORNING BY SASA RISTIC

Lecturer, PhD, Irina-Ana DROBOT

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages, Department of Foreign Languages and Communication, philology, anadrobot@yahoo,com, ORCID 0000-0002-2556-6233

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the following haiku poem: "A morning/ sunflowers look down/ into their roots," written by Sasa Ristic (from Serbia) and published in Ko Haiku Magazine in English, vol. 40, no. 10, issue 458, spring-summer 2026. This haiku poem, since it does not include an explicitly placed kireji or cutting line, can be read in two different ways, based on which readers feel like pausing after the first line or like reading the poem as a continuous phrase. If the cutting line is placed after the first line of the poem, then the phrase a morning can be defined by what follows in the second and third lines, suggesting that it is the moment when sunflowers seem to have their head bent down, looking at their roots. Gradually, as the day progresses, readers imagine, the sunflower rises, together with the sun. From a psychoanalytic perspective, we can consider that the phrase a morning includes as free associations what follows in the second and third lines. The poetic persona connects the moment of the start of day with the moment when someone looks up their roots, or origins, with various relatives and their background, in order to understand who they are. The methodological framework is composed of psychology and psychoanalysis.

Keywords: Juxtaposition, free associations, kigo

1. INTRODUCTION

The haiku poem continues to this day to generate discussions and debates, next to its continuous practice in online and offline haiku communities from all over the world. The haiku poem has origins in sixteenth-seventeenth century Japan, but it has proved to be a highly adaptable form to any culture and historical time.

The haiku poem can be understood on its mechanism more than on its form, which says nothing about it. The 5-7-5 syllable format, with its three lines, cannot capture the mechanism of this poem. The modern format, based on a variable number of syllables, is mostly used for English-language haiku poems.

In this respect, analysing a particular haiku poem can be useful, since each poem is unique and cannot be explained by its format alone.

1.1. Theoretical Framework

A haiku poem relies on a network of allusions (Atanasiu, 2026), which are decoded by the readers based on their individual experience. Starting from the concrete, visual images and experienced described in the haiku poem, readers can create entire stories and scenarios, and move on from visual to abstract, philosophical levels of interpretation. Free associations (Freud, 1922) complete the understanding of the haiku poem, since each and every image, word, set of ideas can be further completed by the readers, in a manner similar to psychoanalytic sessions, where they can develop them. In addition, environemntal psychology can complete the analysis, as a haiku poem incluides a setting and the reaction of readers to it. Based on environmental psychology, we always have an emotional reaction to our surroundings.

The haiku poem also relies on juxtaposition (Atanasiu, 2026), which means that readers work their way through understanding the relationship between the two parts of the poem and the two sets of images, making connections between them and identifying similarities and contradictions. In this respect, reader-response criticism, according to which readers react emotionally to the text they read and use their background knowledge in order to better understand and interpret a text (Mart, 2019) is relevant to understanding the haiku poem.

2. MATERIALS AND METHODS

The following haiku poem has been selected for analysis: "A morning/ sunflowers look down/ into their roots," written by Sasa Ristic (from Serbia) and published in Ko Haiku Magazine in English, vol. 40, no. 10, issue 458, spring-summer 2026. The methodology combines close reading, psychological and psychoanalytic interpretation.

Since this poem does not include an explicitly placed kireji or cutting line, it can be read in two different ways. Readers can read the poem based on two parts, pausing after the first line, or as a continuous statement. In this version, the morning is defined by what follows after it. The morning can be understood as the moment when sunflowers bend down their heads, contemplating their roots, or origins. As the day progresses, readers imagine, the sunflower rises, together with the sun. From a psychoanalytic perspective, we can consider that the phrase a morning includes as free associations what follows in the second and third lines. The poetic persona connects the moment of the start of day with the moment when someone looks up their roots, or origins, considering relatives with their background, in order to understand who they are. A second reading suggests a continuous statement, Here, the first line and the second line are read more continuously, with the main emphasis falling on the relationship between “sunflowers” and “their roots.”

The *kigo*, or seasonal reference in a traditional haiku poem, can be identified in this poem by using the sunflower as a clue that it is summer. The time of day can also be used as a kigo. “A morning” marks a particular threshold: the beginning of a day. It contrasts with the the downward orientation of the sunflowers, creating emotional tension.

Psychoanalytic approaches to literature have been interested in the relationship between conscious expression of unconscious meaning. Images, repetitions, and associations can become meaningful because they connect a manifest text with latent psychological material. Freudian psychoanalysis places considerable importance on the mechanism of free associations as a means through which apparently unrelated ideas become connected. In literary interpretation, free association can be used since the critic observes what psychological meanings an image may evoke without necessarily claiming that these meanings represent the author's conscious intention.

The analysis does not claim that Ristic consciously intended “roots” to signify family ancestry or that the poet's personal unconscious can be reconstructed from the poem. Instead, the analysis examines the associations that the textual image can generate for the reader. The word “roots” is particularly rich in this respect. Literally, roots are the underground parts of a plant. Figuratively, “roots” may signify origins, ancestry, belonging, family, cultural background or the source from which an individual develops. Such an associative chain is compatible with a psychoanalytic reading of the poem.

It is worth bringing to attention the directional opposition between the sunflower and the sun: the flower usually moves upward towards the light, while in the poem it looks downward. This is a source of tension.

Readers are highly active in understanding this partciular haiku poem, just as they are for understanding haiku poems in general.

3. RESULTS

First, the poem has a structural ambiguity because no explicit *kireji* identifies the point at which the reader should pause. Second, the first line, “A morning,” with its apparent incompleteness creates an expectation that the following lines will explain it. Third, the image “sunflowers look down” introduces a significant reversal of the usual vertical orientation associated with the sunflower. Rather than looking upward toward sunlight, the flowers look downward. Fourth, the phrase “into their roots” converts this downward movement into an image of self-orientation. The flowers appear, figuratively, to investigate their own origins. Fifth, the poem creates a tension between beginning and origin. “Morning” represents the beginning of a day, while “roots” represent the beginning or source of a plant's existence. Sixth, a psychoanalytic reading makes it possible to interpret the poem as an image of self-analysis: the sunflower's downward gaze may suggest the human subject looking backward toward origins in order to understand the present self.

3.1. Findings

The absence of an explicitly marked *kireji* is one of the most important features of the poem, since it leads to different interpretations of the poem. It is a sign that this is a haiku poem open to innovation and interpretation. The poem relies on the visual image of the sunflower, from which abstract layers of interpretation can start. The personification of flowers being curious about their origins can be reconstructed by the readers, as it is not directly introduced into the text of the poem.

4. CONCLUSION, DISCUSSION, AND RECOMMENDATION

The creative interpretation of Ristic's haiku begins from the relationship between “morning” and “roots.” “A morning” is the beginning of the day. “Roots” are the beginning or origin of the plant. The sunflower begins its day by looking toward its own beginning. This interpretation creates an existential dimension. The concrete image can be read as a metaphor for a

person who, at the beginning of a new stage in life, turns toward their origins. In addition, from a psychoanalytic perspective, identity is not completely independent of one's past. The subject's present self can be shaped by memories, family relations and experiences that are not always consciously accessible. The image of roots offers a particularly appropriate metaphor for this hidden dimension because roots are both essential and invisible. The sunflower's roots are beneath the surface in the same way that aspects of personal history may remain beneath conscious awareness. The reader does the psychological work of connecting the images and interpreting the poem, based on juxtaposed images that include gaps that readers are invited to fill in. The process can involve reflection, interpretation and the construction of different scenarios and versions for the poem.

The sun suggests illumination, consciousness and visibility. Roots suggest darkness, depth and hidden origins. The sunflower's movement resembles a temporary withdrawal from consciousness.

The natural image of the poem can be connected, through free associations, to a human experience. The haiku poem connects the two indirectly. Ristic's poem does not explicitly discuss identity, ancestry or self-knowledge. It shows the image of flowers. The psychological interpretation appears from the reader's free associations and emotional reactions with and to the flowers.

Among the recommendations, we can include reading haiku poems based on a network of allusions and structure of tensions or conflict between the two parts, separated by the kireji (Atanasiu, 2026). In addition, this mechanism can become visivle by analysing each and every haiku poem that can be considered valuable.

REFERENCES

Atanasiu, C.T. (2026). Prin sindrila sparta, fan din Carul Mare. PIM Publishing House, Iasi, Romania.

Freud, S. (1922). Introductory lectures on psycho-analysis: A course of twenty eight lectures delivered at the University of Vienna. G. Allen & Unwin.

Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. The New Educational Review, 56, 78-87.

Ristic, S. (2026). Ko Haiku Magazine in English, vol. 40, no. 10, issue 458, spring-summer 2026. Ko Poetry Association, Tokyo.

AN ANALYSIS OF A HAIKU POEM ABOUT A SPIDER WEB BY SAM CANNAROZZI

Lecturer, PhD, Irina-Ana DROBOT

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages, Department of Foreign Languages and Communication, philology, anadrobot@yahoo,com, ORCID 0000-0002-2556-6233

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the following haiku poem: "Look up in the sky/ The moon in a spider's web/ How can it get free," written by Sam Cannarozzi (from France) and published in Ko Haiku Magazine in English, vol. 40, no. 10, issue 458, spring-summer 2026. This haiku poem is about an optical illusion, based on a fantasy element that appears due to the way in which the haiku poem joins together the images. The moon gets caught in a spider's web simply because the viewer sees it this way. Readers imagine that the poetic persona is looking at the moon, while in-between the moon and the viewer a spider's web appears, leading to the impression that it has caught the moon. Here we deal with raw percepetion, where the viewer leaves behind everything they have been taught about the way in which the world is and works in everyday life. We realize that the haiku poem is not simply a down-to-earth, realistic poem, but also one that can defy the perception of the world as we have been taught to look at it. Other associated elements such as the moon getting free from being caught in the spider web suggest that there is a deeper layer to the poem, regarding personal freedom, which preoccupies the poetic persona. The methodological framework is composed of psychology and psychoanalysis.

Keywords: Juxtaposition, free associations, kigo

1. INTRODUCTION

The haiku poem is characterized by conciseness and condensation, where each and every image and idea are suggested carefully and also carefully selected, based on their power to generate allusions and interpretations. Readers are encouraged to construct interpretations based on images and suggested interpretations. One of the important mechanisms involved is juxtaposition: two or more elements are brought together without necessarily being connected by an explicit explanatory statement. Readers can, however, fill in the gaps.

Starting from a formal definition, of the traditional 5-7-5 syllable format and seasonal reference, the haiku poem has become with Modernist times subject to experiement, yet these formal features cannot account for its complexity.

At the level of online and offline haiku communities, the haiku poem is conscientiously analysed and practised, showing how it still needs to be understood.

1.1. Theoretical Framework

A network of allusions is an important mechanism to the function of a haiku poem (Atanasiu, 2026), together with the free association method (Freud, 1922), taken from psychoanalysis, In addition, reader-response criticism shows how

In the poem, the optical illusion allows the moon to become a figure that is apparently constrained.

2. MATERIALS AND METHODS

The following haiku poem has been chosen for analysis in this paper: "Look up in the sky/ The moon in a spider's web/ How can it get free," written by Sam Cannarozzi (from France) and published in Ko Haiku Magazine in English, vol. 40, no. 10, issue 458, spring-summer 2026.

The juxtaposition (Atanasiu, 2026) is visible, as the poem is made up of two parts, where the gaze at the sky and the moond in the web of the spird struggling to get free are combined. It is an optical illusion suggesting that the viewer combines the perspective over the moon with freedom. The spider web over the moon suggests distance, yet for the viewer this does noit matter.

The formal structure of the haiku offers room for particular attention to the three line breaks and the relationship between the imperative in the first line, the visual statement in the second line, and the question in the third. The poem can be analysed from the perspective of perception. The relationship between the moon and the spider web is considered as an optical illusion

created by perspective. The psychoanalytic reading is applied through the interpretation of free associations, as the concepts of captivity, freedom, constraint and liberation are considered as possible meanings created by the poem's final question.

Psychoanalysis is a framework for interpreting the transformation of an impossible visual situation into a meaningful symbolic one. A fantasy can arise when perception, desire, memory and imagination combine to create an alternative representation of reality. In this poem, the optical illusion allows the moon to become a figure that is apparently constrained. The final question, regardin how the moon can get free, introduces desire into the poem. The moon does not simply appear trapped; the poetic persona imagines that it needs to escape.

3. RESULTS

The analysis produces several principal results.

First, the poem is constructed around an optical illusion.

Second, the optical illusion is made possible by the spatial relationship between the observer, the spider web and the moon.

Third, the poem encourages the reader to temporarily accept the impossible proposition that the moon has been caught in a spider's web.

Fourth, the first line establishes the observer's physical and perceptual position:

Look up in the sky

The reader is effectively placed in the position of the poetic persona.

Fifth, the second line creates the central image by superimposing two unrelated objects:

The moon in a spider's web

Sixth, the third line transforms the visual illusion into an emotional or existential situation:

How can it get free

The moon is therefore personified as a being capable of being trapped and liberated.

Seventh, the poem's final question generates free associations concerning personal freedom.

5. Findings

The poem begins with an instruction: to look up in the sky. The imperative verb “look” shows that the reader is asked to participate in seeing an image. The poetic persona effectively directs the reader's gaze. This creates a direct relationship between poem and reader. The reader is placed inside the scene. The poem resembles an invitation to perform an act of perception. The second line is the central visual component. The phrase “in a spider's web” suggests physical containment. A fly, for instance, can become trapped in a web. The moon, however, cannot. The poem transfers a property of a small terrestrial object to an astronomical body. Thus, the poem temporarily encourages readers to leave behind what they know about astronomy and physics.

3.1. Findings

The reader knows that the moon is extremely distant from Earth; that a spider web is extremely small in comparison; that the moon cannot physically become entangled in a terrestrial web. Yet the poem asks the reader to imagine the opposite. The reader enters a poetic world in which visual appearance becomes more important than physical explanation. This can be described as raw perception: the immediate organization of the visual field before rational knowledge corrects or explains what is being seen.

4. CONCLUSION, DISCUSSION, AND RECOMMENDATION

The moon becomes a symbol of captivity, as it is suggested by the poem that it is trapped. The moon is not simply an astronomical object.The poem can be read as an observation of an optical illusion. From a psychoanalytic perspective, the web can be understood as a symbolic representation of constraint, which is external and social. The poem does not identify the nature of the web. This omission is productive because it allows readers to supply their own associations. A person who has experienced psychological restriction may interpret the web differently from a person who has experienced social confinement or interpersonal dependency. The power of the poem comes from the way in which the reader imagines the

method of escape. This absence of resolution is important because the poem does not say whether the moon will become free. The poem ends in a state of psychological tension.

REFERENCES

Atanasiu, C.T. (2026). Prin sindrila sparta, fan din Carul Mare. PIM Publishing House, Iasi, Romania.

Cannarozzi, S. (2026). Ko Haiku Magazine in English, vol. 40, no. 10, issue 458, spring-summer 2026. Ko Poetry Association, Tokyo.

Freud, S. (1922). Introductory lectures on psycho-analysis: A course of twenty eight lectures delivered at the University of Vienna. G. Allen & Unwin.

Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. The New Educational Review, 56, 78-87.

CELLULAR MOBİLE COMMUNİCATİON AND NETWORK ARCHİTECTURE: EVOLUTİON, ARCHİTECTURE, TECHNOLOGİES AND PERFORMANCE ANALYSİS

[1]Malave Geetanjali, [2]Peruru Lakshmi Deepthi
[3]Dr. J. Salai Thillai Thilagam
Associate Professor, Department of Electronics and Communication Engineering
G. Pulla Reddy Engineering College (Autonomous), Kurnool, Andhra Pradesh, India salaithillai@gprec.ac.in
ORCID ID: 0000-0001-9743-9690

Abstract

Cellular mobile communication has evolved from first-generation analog systems to highly intelligent, software-defined and service-oriented fifth-generation (5G) networks. This evolution has transformed mobile networks from voice-centric communication systems into heterogeneous platforms supporting broadband connectivity, Internet of Things (IoT), ultra-reliable low-latency communication, massive machine-type communication, autonomous systems and emerging intelligent applications. The architecture of cellular networks has correspondingly evolved from conventional circuit-switched architectures to packet-switched, virtualized and service-based architectures. This paper presents a comprehensive study of cellular mobile communication and its network architecture, emphasizing the evolution from 1G through 5G. The functional architecture of modern cellular networks is analyzed in terms of User Equipment (UE), radio access network, transport network and core network. Particular attention is given to LTE/EPC and 5G New Radio (NR)/5G Core (5GC) architectures, network functions, control-plane and user-plane separation, mobility management, session management, quality of service and network slicing. The paper also discusses the role of massive MIMO, beamforming, heterogeneous networks, virtualization, edge computing and software-defined networking in improving network performance. A comparative analysis of different generations is presented based on data rate, latency, spectrum utilization, connectivity and architectural characteristics. The study demonstrates that 5G service-based architecture provides improved scalability, flexibility and support for diverse communication requirements compared with previous cellular architectures. The findings provide a useful technical foundation for understanding current cellular networks and the architectural principles influencing future 5G-Advanced and beyond-5G systems.

Keywords: Cellular Mobile Communication, Network Architecture, 4G LTE, 5G NR, 5G Core, Radio Access Network, Network Slicing, Massive MIMO, Mobility Management, Service-Based Architecture.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT WASTE MANAGEMENT TRACKING SYSTEM

Okemiri Henry Anayo
Department of Computer Science,
Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike, Ebonyi State, Nigeria

henry.okemiri@funai.edu.ng

Uche-Nwachi Edward
Department of Computer Science,
Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike, Ebonyi State, Nigeria

Afolabi Idris Yinka
Department of Computer Science,
Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike, Ebonyi State, Nigeria

ABSTRACT

Waste management remains a major environmental challenge in many developing societies due to poor monitoring systems, delayed waste collection, and inefficient resource management. Traditional waste monitoring methods commonly depend on manual inspection or sensor-based systems, which may be expensive, difficult to maintain, or unreliable in certain environments. This project presents the design and implementation of an intelligent waste management tracking system that uses computer vision techniques to estimate waste bin fill levels without relying on physical sensors. The developed system is a mobile application prototype built using Flutter and integrated with a machine learning model trained using Teachable Machine. The system captures waste bin images through a smartphone camera and classifies the fill level of the bin into different categories such as low, half filled, almost full, and full. The application also includes an alarm and notification mechanism that alerts users whenever the waste bin reaches a critical level. In addition, the system supports offline operation, thereby improving usability in areas with limited internet connectivity. The methodology involved collecting and preprocessing image data, training the waste classification model, integrating the trained model into the mobile application, and testing the performance of the system under different conditions. The results obtained demonstrated that the system can effectively estimate waste bin levels using only image-based analysis while maintaining simplicity and cost-effectiveness. The study concludes that intelligent vision-based waste monitoring systems have the potential to improve waste management efficiency and reduce environmental pollution. It also demonstrates the feasibility of deploying such systems using low-cost smartphone cameras, with the possibility of future scalability to fixed camera installations and smart city desktop and mobile applications.

HOMOZYGOSITY MAPPING OF A CONSANGUINEOUS FAMILY WITH INHERITED DWARFISM FROM DISTRICT KOHAT

Author:

Muhammad Anas Khan[1], Prof. Dr. Saad Ullah Khan[1], Prof. Dr. Noor Muhammad[1], Fardous[2]

Institutional Affiliation:

[1]Department of Biotechnology & Genetic Engineering, Kohat University of Science and Technology (KUST), Kohat, Pakistan

[2]Department of Medical Laboratory Technology, Kohat University of Science and Technology (KUST), Kohat, Pakistan

Abstract

Dwarfism is a heterogeneous group of skeletal disorders that are associated with decreased growth of the bones of the legs and arms and result in short stature. The identification of disease-causing loci in affected families is crucial for proper diagnosis and genetic counselling, and for understanding the pathogenesis of the disease. The present study, aimed to determine the underlying mechanism of dwarfism in a consanguineous family of District Kohat in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan, by homozygosity mapping and linkage analysis. A detailed pedigree was drawn up to establish the mode of inheritance. Then blood samples were drawn from both affected and unaffected members after informed consent. Blood samples were used for genomic DNA extraction. After that genotyping was carried out on highly polymorphic microsatellite markers which have been reported in dwarfism. Techniques of homozygosity mapping were used to hunt the responsible genes i.e. GHR, NPR2, GHRHR, IGF1 in sampled family. By typing highly polymorphic microsatellite markers i.e. (D5S2022, D5S2087, D5S2856, D5S665, D5S577), (D9S1817, D9S1805, D9S1804, D9S1794, D9S1791), (D7S435, D7S2496, D7S2491, D7S2252, D7S817), (D12S815, D12S78, D12S800, D12S338, D12S318) in homozygosity mapping, the sampled family were excluded from the above-mentioned loci. The disease associated haplotype was consistently inherited in the same way as the disease phenotype, consistent with an autosomal recessive mode of inheritance. The molecular characterization of the candidate genes will continue to give insights into the genetic basis of dwarfism and will help in the genetic diagnosis and counseling of affected families.

Keywords: Dwarfism, Homozygosity Mapping, Microsatellite Markers, Consanguinity, Sanger Sequencing

COMPOSITION AND MANUFACTURING METHODOLOGY OF AN INTEGRATED GAS DIFFUSION ELECTRODE WITH A UNIFIED STRUCTURE FOR METAL-AIR BATTERIES

Borislav ABRASHEV[1,2], Valentin TERZIEV[1,2]

[1]Acad. Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry and Energy Systems, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., Bl. 10, Sofia 1113, Bulgaria,

[2]Centre of Competence HITMOBIL, Acad. G. Bonchev Str., bl.10, Sofia 1113, Bulgaria

babrashev@iees.bas.bg, ORCID ID: 0000-0001-7649-5546

valentın.terzıev@iees.bas.bg, ORCID ID: 0000-0003-1449-768X

Abstract

The development of scalable, cost- and energy-efficient gas diffusion electrodes (GDEs) is important for the commercialization of advanced metal-air battery technologies. This study presents a specially developed manufacturing technology in which all selected functional components are directly combined into a unified composite structure. Unlike conventional multilayer GDEs, the approach eliminates the separate catalyst-layer deposition step, simplifying production and reducing processing time, energy consumption and costs. The electrode is produced by direct mechanical mixing of selected raw materials in predefined weight ratios, followed by shaping and sintering. This integrated approach combines gas diffusion and catalytic functions within a single structure, resulting in electrochemical and mechanical properties comparable to those of conventionally manufactured multilayer GDEs. The technology enables reproducible fabrication and provides a potential pathway for future scaling from laboratory production using pressing and molding to industrial processes such as extrusion and rolling. The electrode composition and configuration can be adapted by varying the type and amount of starting materials and the current collector arrangement, making the proposed technology a simple, scalable and resource-efficient alternative to conventional GDE manufacturing with significant potential for cost-effective mass production.

Keywords: metal air batteries; unified composite diffusion electrode; manufacturing process;

Acknowledgements:

The authors kindly acknowledge the financial support of project № BG16RFPR002-1.014-0009 “Development and sustainability of Centre of Competence HITMOBIL” funded by Programme “Research, Innovations and Digitalization for Smart Transformation” 2021-2027, co-funded by the EU from European Regional Development Fund. The research is done with the assistance of the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National ROADMAP FOR RESEARCH INFRASTRUCTURE 2017–2023 approved by DCM №106/27.06.2025, “Energy Storage and Hydrogen Energetics” (ESHER)

METAHEURISTICALLY-TUNED PI-BASED MPPT CONTROL FOR VARIABLE-SPEED PMSGS WIND ENERGY CONVERSION SYSTEM: A COMPARATIVE STUDY

Bouguettah Imene

L2EI Laboratory, Jijel, Algeria. University of Jijel, Algeria imen.bouguettah@univ-jijel.dz

Arabi Marwa

University of august 20,1955 Automation laboratory of skikda skikda, algeri, m.arabi@univ-skikda.dz

Abstract

This paper investigates the design of optimally-tuned Proportional-Integral (PI) controllers for Maximum Power Point Tracking (MPPT) in variable-speed wind turbine systems. Three metaheuristic optimization algorithms a novel Golden Jackal Optimizer (GJO) variant, Particle Swarm Optimization (PSO), and Harris Hawks Optimization (HHO) are applied to tune the PI gains, with the aim of maximizing energy capture and improving the controller's dynamic response under time-varying wind conditions. The three algorithms are evaluated and compared through simulation in terms of tracking accuracy, transient response time, and closed-loop stability. Results show that all three optimized controllers outperform a conventionally tuned PI baseline in energy capture and robustness to wind fluctuations, with [algorithm name] yielding the best overall trade-off between convergence speed and steady-state precision. These findings demonstrate that metaheuristic optimization offers a viable path toward more efficient and reliable MPPT control in variable-speed wind energy systems.

Keywords: Wind turbine, maximum power point tracking (MPPT), PI controller, metaheuristic optimization, PSO, HHO,

GENETİC CHARACTERİZATİON OF FİRST-LİNE DRUG-RESİSTANCE MUTATİONS İN MULTİDRUG-RESİSTANT MYCOBACTERİUM TUBERCULOSİS

Maryam Gul, Dr.Mubashir Hussain

Department of Microbiology, Kohat University of Science and Technology

Kohat 26000, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan,

Presenting author: Maryam Gul

Email: maryamgul32@gmail.com

Corresponding author: Dr.Mubashir Hussain

Email: mubbashir.hussain@kust.edu.pk

Abstract

Background: Resistance to first-line anti-tuberculosis drugs in Mycobacterium tuberculosis represents a significant public health challenge, particularly in high-burden tuberculosis (TB) settings such as Pakistan, where multidrug-resistant (MDR) forms further complicate disease control efforts. Drug resistance is primarily associated with mutations in *rpoB, inhA, katG, embA, embB, embC,* and *pncA*. The emergence of novel, region-specific variants underscores the urgent need for integrating genomic surveillance into routine TB diagnostics and regional control programs. This study aimed to identify the spectrum of mutations contributing to first-line drug resistance in MDR-TB isolates from Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Methods: Whole-genome sequencing was performed on 16 clinical isolates (12 MDR and 4 drug-susceptible) to identify resistance-associated mutations in *rpoB, inhA, katG, embA, embB, embC,* and *pncA*. Detected variants were interpreted using the World Health Organization (WHO) mutation catalogue to determine their association with drug resistance. Phylogenetic relationships were inferred using the Bacterial and Viral Bioinformatics Resource Center (BV-BRC) platform. Results: A total of 16 M. tuberculosis isolates were analyzed to evaluate resistance to first-line anti-tuberculosis drugs. In *rpoB,* 76 distinct variants were identified, including canonical mutations such as Ser450Leu and His445Arg, as well as a potentially novel substitution, Ser431Phe, predicted to confer high-level rifampicin resistance. The *katG* and *inhA* genes harbored 24 and 27 mutations, respectively, including well-characterized substitutions such as Ser315Thr and Ala114Glu, which are strongly associated with isoniazid resistance. Mutations in *embA* and *embB* were linked to ethambutol resistance, with several variants localized within conserved trans membrane domains critical for drug interaction. Phylogenetic analysis revealed substantial genetic diversity and evidence of local transmission among MDR-TB isolates. Conclusions: This study suggests that the genetic landscape of drug resistance in M. tuberculosis is highly dynamic in endemic regions. The findings highlight the importance of integrating region specific mutation profiles into molecular diagnostic frameworks to enhance early detection, guide individualized therapeutic interventions, and strengthen strategies aimed at controlling the transmission of MDR-TB.

Keywords: Drug-resistant tuberculosis; MDR-TB; Mycobacterium tuberculosis; phylogenetic analysis; whole-genome sequencing.

THE USE OF DRONES IN DATE PALM PLANTATION MANAGEMENT THE MEDJOOL DATE AS A MODEL

Mohammed Waheeb

The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism Email: mwaheeb@hu.edu.jo

Abstract:

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs / Drones) represent the cornerstone of Precision Agriculture, particularly in Medjool date palm plantations. This is driven by the exceptional nature of Medjool dates, which demand meticulously tailored care, standardized large sizing, and rigorous protection to safeguard their high market value. Beyond conventional pollination and routine monitoring, drone applications encompass an integrated smart management and protection ecosystem structured across six primary domains:

1. Precise Microclimate & Thermal Monitoring

Continuous Thermal Data: Drones equipped with high-resolution thermal imaging cameras record temperature variations across the plantation 24/7.

Heat Stress Mitigation: Identifying localized "thermal pockets" alerts management to extreme heat levels that could cause fruit desiccation or stunted growth, allowing immediate intervention through overhead micro-sprinklers or optimized irrigation cycles.

2. Plantation Security & Theft Prevention

Automated Security Patrols: Given the premium market value of Medjool dates, plantations face heightened theft risks especially during the harvest season (*Jdad*). Drones are programmed to conduct autonomous, military-grade security perimeter patrols around the clock.

Night Vision & Smart Alerts: Integrated infrared sensors combined with AI motion-detection algorithms detect unauthorized breaches in real time and trigger instant alerts to the central control station.

3. Locust Swarms Tracking & Emergency Response

Early Warning & Swarm Tracking: High-altitude reconnaissance drones track approaching locust swarms and evaluate prevailing wind trajectories to predict potential entry points.

Targeted Suppression: Specialized heavy-payload spraying drones execute localized, ultra-low-volume chemical or biological barrier sprays directly onto swarm landing zones around the plantation borders, protecting palm fronds and fruit bunches from devastation.

4. Precision Spraying of Pesticides & Foliar Nutrition

Targeted Spraying: AI-assisted GPS navigation enables spot-treatment of infected trees exclusively rather than broadcast spraying the entire field. This reduces total agrochemical usage by up to 50%.

Foliar Fertilization: Micro-nutrient sprays applied directly to fruit bunches and fronds ensure rapid cellular absorption, promoting optimal Medjool fruit sizing and uniformity.

5. Aerial Photography

Vegetation Health Index (NDVI): Multispectral sensors analyze light reflectance off palm fronds to evaluate chlorophyll density. This pinpoints trees experiencing nutrient deficiencies or hidden water stress long before visual symptoms appear.

3D Terrain Modeling: Spatial topographies generated by photogrammetry assist engineers in designing field slope gradients, irrigation networks, and machinery transport routes.

6. Smart Farm Management & Yield Forecasting

Automated Tree & Fruit Counting: Computer vision algorithms process high-resolution aerial imagery to perform accurate tree inventories, count fruit bunches per palm, and estimate expected Medjool fruit dimensions.

Optimized Harvest Timing: Monitoring fruit color transitions across different plantation zones identifies the exact maturity stages of each agricultural block, guaranteeing peak commercial quality at harvest.

Keywords: Modern Technologies, Artificial Intelligence, Drones (UAVs), Precision Agriculture, Date Palm Cultivation, Medjool Date, Microclimate Monitoring, Farm Security, Pest Control, Multispectral Mapping, Smart Farm Management.

SECURİNG MULTİ-CLOUD COMPUTİNG ECOSYSTEMS: EMERGİNG CYBERSECURİTY THREATS, RİSK ASSESSMENT, AND ADVANCED MİTİGATİON STRATEGİES

Okechukwu Sunday

Department of Computer Engineering, Federal college of Agriculture ishiagu, Ebonyi state.

Corresponding author; okechukwusunday@fcaishiagu.edu.ng

Abstract

The increasing adoption of multi-cloud computing ecosystems has revolutionized digital infrastructure by providing organizations with enhanced scalability, flexibility, cost optimization, and service availability. Despite these advantages, the integration of multiple cloud service providers introduces complex cybersecurity challenges arising from distributed architectures, heterogeneous security policies, and increased attack surfaces. This study examines emerging cybersecurity threats in multi-cloud environments, including data breaches, identity and access management vulnerabilities, cloud misconfigurations, insecure application programming interfaces, insider threats, and advanced persistent attacks. It further explores risk assessment approaches and advanced mitigation strategies aimed at improving security resilience across multi-cloud platforms. The study evaluates emerging security solutions, including zero-trust architectures, artificial intelligence-based threat detection, encryption technologies, continuous security monitoring, automated incident response, and adaptive access control mechanisms. Additionally, it discusses challenges associated with regulatory compliance, interoperability, governance, and security management across diverse cloud environments. By providing a comprehensive analysis of current threats and evolving defense mechanisms, this research contributes to the development of secure, resilient, and intelligent multi-cloud security frameworks capable of addressing future cybersecurity challenges.

Keywords:
Multi-cloud computing; Cybersecurity; Cloud security threats; Zero-trust architecture; Risk mitigation strategies.

1. Introduction

Multi-cloud computing has developed from an approach for distributing workloads across different cloud providers into a complex digital ecosystem involving heterogeneous infrastructures, applications, identities, data repositories, APIs, containers, and interconnected security controls. Organizations increasingly employ multiple cloud service providers to obtain greater scalability, operational flexibility, resilience, geographic availability, workload specialization, and reduced dependence on a single provider. However, distributing resources across heterogeneous cloud platforms also creates security challenges that are considerably more complex than those encountered in isolated cloud environments. Differences in security architectures, access-control mechanisms, configuration models, compliance requirements, monitoring capabilities, and provider-specific controls can produce inconsistencies that attackers may exploit (Ali et al., 2025; Diningrat et al., 2025).

A multi-cloud ecosystem encompasses interconnected infrastructure-as-a-service, platform-as-a-service, and software-as-a-service resources, together with identity and access-management systems, APIs, virtual networks, storage services, application workloads, containers, orchestration platforms, and inter-cloud communication mechanisms. Consequently, the security boundary is no longer restricted to a single provider. Data and workloads may continuously move between environments, while identities and applications may simultaneously depend on services administered by different organizations. This heterogeneity creates difficulties in establishing consistent security policies, maintaining visibility, controlling access, and coordinating incident responses across cloud boundaries (Thangaraju, 2024; Ali et al., 2025).

The changing architecture of multi-cloud computing has also transformed the nature of cybersecurity threats. Traditional perimeter-oriented approaches are increasingly insufficient because attackers can exploit identities, APIs, misconfigured resources, compromised credentials, vulnerable applications, and legitimate cloud services without necessarily breaching conventional network defenses. A recent systematic review identified data protection, authentication and authorization, cryptography, availability, and virtualization among the major security concerns in multi-cloud environments (Diningrat et al., 2025). Similarly, Khan (2025) emphasized identity management, configuration governance, data protection, compliance, and inter-cloud integration as major security challenges requiring coordinated mitigation strategies.

Identity-related attacks represent a particularly important threat because authentication credentials, access tokens, service accounts, and federated identities can provide legitimate-looking access to resources distributed across multiple providers.

Excessive privileges and poorly coordinated identity policies may further increase the potential for privilege escalation and cross-cloud lateral movement. Maintaining a unified identity-governance framework is therefore essential for ensuring that users, applications, and automated workloads receive only the permissions required for their legitimate functions (Ali et al., 2025; Potla, 2025).

Misconfiguration represents another major vulnerability. Differences between cloud-provider interfaces and security policies can produce configuration drift, excessive permissions, exposed storage, insecure network rules, insufficient logging, and inadequately protected services. These weaknesses become particularly difficult to identify when organizations lack centralized visibility across their entire multi-cloud infrastructure. Automated security configuration, continuous monitoring, Infrastructure as Code, and unified compliance mechanisms have therefore emerged as important approaches for maintaining consistent security postures across heterogeneous platforms (Khan, 2025; Potla, 2025).

The increasing adoption of containers, Kubernetes, serverless computing, DevOps pipelines, edge-cloud architectures, and AI-enabled services further expands the multi-cloud attack surface. Vulnerabilities in application dependencies, container images, orchestration components, APIs, and software-development pipelines can potentially provide attackers with entry points into interconnected workloads. Furthermore, compromised third-party services or software dependencies may create supply-chain risks extending across organizational and cloud boundaries (Ali et al., 2025; Diningrat et al., 2025).

Other emerging threats include ransomware, data extortion, cryptojacking, insider threats, shadow IT, insecure cross-cloud data transfer, API abuse, and AI-assisted cyberattacks. These threats demonstrate that multi-cloud security cannot be achieved through isolated provider-specific controls. Instead, it requires an integrated approach combining identity governance, continuous security monitoring, Zero Trust principles, automated configuration management, threat intelligence, workload protection, data security, and coordinated incident response (Khan, 2025; Potla, 2025).

Against this background, this manuscript examines the evolving cybersecurity landscape of multi-cloud ecosystems, with particular emphasis on emerging threats, risk assessment, attack surfaces, cross-cloud vulnerabilities, and advanced mitigation strategies. It further considers how identity-centric security, Zero Trust architecture, AI-driven detection, automated security governance, cloud-native protection, and cross-provider security orchestration can be integrated to develop more resilient multi-cloud environments.

2. Multi-Cloud Ecosystems: Architecture, Security Foundations, and Attack Surface

Multi-cloud computing represents an architectural model in which organizations deploy applications, data, and digital services across two or more cloud service providers. This approach can improve flexibility, resilience, workload specialization, and service availability, but it also creates a heterogeneous security environment in which different platforms may use distinct identity models, APIs, network architectures, configuration mechanisms, and security controls. Recent research emphasizes that the principal difficulty is not merely protecting individual clouds but maintaining consistent security across the relationships connecting them (Diningrat et al., 2025; Ali et al., 2025).

2.1 Multi-Cloud Architecture and Service Models

Multi-cloud ecosystems may incorporate Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), Software as a Service (SaaS), and serverless computing, with workloads distributed according to performance, cost, regulatory, or functional requirements. IaaS provides virtualized computing, storage, and networking resources; PaaS supplies managed application-development environments; SaaS delivers complete applications; while serverless architectures abstract much of the underlying infrastructure from application developers. The combination of these models across providers creates a highly dynamic architecture in which applications may depend simultaneously on infrastructure from one provider, databases from another, and SaaS or serverless functions from additional providers (Ali et al., 2025; Thangaraju, 2024).

Public-cloud combinations constitute the most recognizable multi-cloud configuration, but organizations may also connect private-cloud infrastructure with multiple public-cloud platforms. Such arrangements create hybrid interactions in which sensitive workloads may remain within private infrastructure while computationally intensive, scalable, or specialized workloads are deployed externally. The resulting architecture requires secure interconnection, consistent identity management, data protection, and policy enforcement across environments (Diningrat et al., 2025; Jayaraman & Rastogi, 2024).

Cross-provider workload orchestration further increases architectural complexity. Applications can be divided into microservices and distributed across different cloud environments, while containers and orchestration platforms can

facilitate workload portability. Although this improves flexibility, it can also introduce inconsistent security policies, dependency-management problems, and difficulties in maintaining uniform access controls across providers (Adanigbo et al., 2024; Roca et al., 2023).

2.2 Core Components of Multi-Cloud Security

Security in multi-cloud environments depends on multiple interconnected layers rather than a single protective mechanism. Identity and access management (IAM) is fundamental because users, applications, service accounts, APIs, and automated workloads require controlled access across different cloud platforms. Identity federation can simplify access but may also create concentration risks if a compromised identity provider provides access to multiple environments (Ali et al., 2025; Alao et al., 2024).

Network security involves segmentation, encryption, secure inter-cloud communication, firewalls, private connectivity, and traffic inspection. In distributed environments, micro-segmentation and Zero Trust principles are increasingly relevant because network location alone cannot provide sufficient assurance of trust (Alao et al., 2024; Thambireddy et al., 2024).

Data security encompasses encryption, key management, access control, data-loss prevention, backup protection, and governance of data moving between providers. Multi-cloud data governance becomes particularly challenging when information is replicated across geographically distributed environments subject to different regulatory and operational requirements (Khalil et al., 2024; Ali et al., 2025).

Workload security protects virtual machines, containers, Kubernetes clusters, serverless functions, and other computational resources. Application and API security is equally important because APIs frequently provide the communication pathways through which applications and cloud services interact. Vulnerabilities in these interfaces can expose authentication mechanisms, data, or privileged functions (Diningrat et al., 2025).

Finally, infrastructure security, monitoring, and logging provide the foundation for detecting abnormal activity and investigating incidents. However, multi-cloud deployments often generate heterogeneous telemetry, making centralized correlation and incident reconstruction considerably more difficult than in single-provider environments (Naik et al., 2024).

2.3 Shared-Responsibility Models Across Cloud Providers

Cloud security operates under a shared-responsibility model, whereby cloud providers and customers divide security obligations according to the service being consumed. Providers generally secure the underlying physical infrastructure and core cloud services, whereas customers remain responsible for elements such as identities, configurations, applications, data, and access permissions. The exact boundary varies between IaaS, PaaS, SaaS, and serverless services and differs between providers (Walsham, 2024; Jonnalagadda, 2024).

In multi-cloud environments, these differences become particularly significant because an organization may simultaneously operate under several responsibility models. A control that is automatically implemented by one provider may require explicit customer configuration in another. Consequently, responsibility ambiguity can result in unprotected assets, duplicated controls, or incorrect assumptions regarding who is responsible for security. Research on cloud security emphasizes that provider and customer contributions are interdependent rather than completely independent responsibilities (Clement & Arce, 2024).

2.4 Cross-Cloud Dependencies and Trust Relationships

The security of a multi-cloud ecosystem is strongly influenced by cross-cloud dependencies. Identity federation allows users and services to authenticate across different platforms, while APIs facilitate communication between applications and cloud services. Data pipelines can similarly transfer information between databases, analytics platforms, storage environments, and SaaS applications.

Inter-cloud workload migration introduces additional security requirements because credentials, configurations, network policies, and data may need to remain protected during movement. Service-to-service authentication is particularly important in microservice architectures, where individual services communicate continuously without direct human intervention. Third-party integrations can further expand the trust boundary because external applications may receive permissions to access organizational cloud resources (Ali et al., 2025; Adanigbo et al., 2024).

The resulting trust relationships create the possibility of cascading compromise. An attacker who compromises one identity, API, application, or third-party service may potentially exploit established trust relationships to reach resources in another cloud. Therefore, multi-cloud security increasingly requires explicit verification of identities, workloads, devices, and service relationships rather than implicit trust based on network location (Alao et al., 2024; Manne, 2023).

2.5 Multi-Cloud Attack Surface

The multi-cloud attack surface encompasses virtually every component through which users, applications, administrators, services, and external systems interact with cloud resources. Users and identities are attractive targets because stolen credentials, access tokens, and excessive privileges can provide legitimate-looking access. APIs and applications may expose vulnerabilities that allow unauthorized data access or manipulation.

Containers and orchestration platforms, particularly Kubernetes environments, introduce additional attack surfaces involving container images, control planes, service accounts, admission controls, secrets, and exposed management interfaces. Virtual machines remain vulnerable to operating-system and application-level exploitation, while storage systems and databases may be compromised through weak authentication, excessive permissions, or insecure configurations (Diningrat et al., 2025; Adanigbo et al., 2024).

Cloud management interfaces represent another high-value target because administrative compromise can provide extensive control over resources. Similarly, DevOps and CI/CD pipelines may expose source code, credentials, software dependencies, deployment configurations, and cloud credentials. Third-party services expand the attack surface beyond the organization's direct control, creating supply-chain and dependency risks (Ali et al., 2025; Diningrat et al., 2025).

Thus, the multi-cloud attack surface should be viewed as a connected ecosystem rather than a collection of independent cloud environments. Security weaknesses in one component can potentially propagate through identity, API, network, application, or service dependencies to other components.

2.6 Security Visibility and Observability Challenges

Effective security monitoring requires organizations to understand what is occurring across users, workloads, networks, applications, and data. In multi-cloud environments, however, visibility is frequently fragmented because providers generate different log formats, telemetry structures, event classifications, monitoring interfaces, and retention policies. This fragmentation can make it difficult to correlate events occurring across different cloud platforms (Naik et al., 2024).

Provider-specific telemetry can also create security blind spots. An event that appears insignificant within one cloud may become highly suspicious when correlated with activity occurring in another environment. For example, an unusual authentication event in one provider followed by API activity and data movement in another may represent a coordinated attack, yet fragmented monitoring systems may interpret these events independently. Multi-cloud observability therefore requires mechanisms capable of collecting, normalizing, correlating, and analyzing telemetry across heterogeneous environments (Naik et al., 2024; Adelusi, 2026).

Inconsistent security policies create an additional challenge. Different teams may implement different authentication requirements, network controls, logging practices, and access privileges across cloud platforms. Such policy drift can produce security gaps and complicate incident response. Recent research consequently emphasizes centralized governance, continuous monitoring, identity federation, policy consistency, and Zero Trust approaches as important foundations for improving multi-cloud visibility and control (Alao et al., 2024; Thambireddy et al., 2024; Diningrat et al., 2025).

The architecture of a multi-cloud ecosystem produces a security paradox: distributing workloads can increase resilience and operational flexibility, while simultaneously multiplying identities, interfaces, dependencies, trust relationships, and monitoring requirements. The resulting attack surface is therefore determined not only by the number of cloud providers but also by the complexity of the connections between them. This architectural perspective provides the foundation for examining the specific cybersecurity threats and risk mechanisms discussed in the subsequent sections.

3. Emerging Cybersecurity Threats and Risk Assessment in Multi-Cloud Environments

The expansion of multi-cloud computing has created a security environment in which threats can originate from identities, configurations, applications, workloads, supply chains, data flows, and trusted connections between providers. Unlike single-cloud environments, compromise of one component may create pathways into resources hosted by another provider.

Consequently, effective risk management requires continuous assessment of both individual cloud assets and the relationships connecting them (Ali et al., 2025; Diningrat et al., 2025).

3.1 Identity-Centric Threats

Identity has become a critical attack surface because users, applications, service accounts, and machines require authenticated access across multiple platforms. Credential theft, privilege escalation, OAuth and token abuse, and attacks against identity federation can allow adversaries to obtain legitimate-looking access. Machine identities and service accounts are particularly important because they may possess persistent privileges and operate without direct human supervision. Excessive permissions can therefore transform a compromised identity into a cross-cloud attack bridge (Ali et al., 2025; Potla, 2025).

3.2 Cloud Misconfiguration and Exposure Risks

Misconfiguration remains a fundamental source of cloud vulnerability. Publicly exposed storage, excessive permissions, insecure security groups, improperly configured databases, weak encryption, and unprotected management interfaces can expose sensitive resources. In multi-cloud environments, configuration differences between providers increase the likelihood of inconsistent security policies and configuration drift. Continuous configuration assessment and automated policy enforcement are consequently necessary to reduce exposure (Diningrat et al., 2025; Khan, 2025).

3.3 Cross-Cloud Lateral Movement

Cross-cloud lateral movement occurs when an attacker uses compromised credentials, trusted connections, APIs, or shared services to move from one cloud environment into another. An initial compromise of a low-privileged account can become substantially more damaging when that account has federation privileges or access to inter-cloud resources. Attack-path analysis is therefore essential for identifying how vulnerabilities and trust relationships can be chained to produce larger attack campaigns (Alao et al., 2024; Ali et al., 2025).

3.4 API and Application Security Threats

APIs provide the communication infrastructure connecting cloud applications and services but simultaneously create important attack surfaces. Weak authentication, broken authorization, stolen tokens, injection attacks, excessive permissions, undocumented endpoints, and shadow APIs may allow unauthorized access or manipulation. The risk is amplified in multi-cloud environments because applications frequently depend on APIs belonging to multiple providers and third-party services (Diningrat et al., 2025; Thangaraju, 2024).

3.5 Container, Kubernetes, and Serverless Threats

Cloud-native technologies introduce specialized risks. Vulnerable container images, container escape, excessive Kubernetes privileges, insecure orchestration configurations, exposed control planes, and compromised secrets can provide attackers with access to workloads. Serverless functions introduce additional concerns involving insecure dependencies, excessive execution permissions, event manipulation, and runtime exploitation. These technologies therefore require security controls that operate throughout the development and runtime lifecycle (Adanigbo et al., 2024; Ali et al., 2025).

3.6 Cloud Supply-Chain Attacks

Multi-cloud ecosystems increasingly depend on external software, SaaS platforms, managed services, open-source packages, and automated CI/CD pipelines. A compromised dependency or malicious package can therefore affect multiple downstream workloads. Infrastructure-as-code templates can also introduce vulnerabilities that are automatically replicated during deployment. Supply-chain security requires dependency monitoring, code integrity controls, secure build environments, vulnerability scanning, and verification of third-party services (Ali et al., 2025; Diningrat et al., 2025).

3.7 Data Security and Privacy Threats

Data distributed across multiple providers may be exposed through insecure transfers, unauthorized replication, weak encryption, excessive privileges, metadata leakage, or inappropriate storage configurations. Multi-cloud environments also complicate data sovereignty because information may be transferred or replicated across jurisdictions with different regulatory requirements. Effective protection therefore requires encryption, data classification, access governance, key management, and continuous monitoring of data movement (Ali et al., 2025; Khalil et al., 2024).

3.8 Ransomware, Cryptojacking, and Resource Abuse

Attackers can exploit cloud resources for ransomware, cryptomining, data exfiltration, and unauthorized computational activities. Cloud ransomware may involve the theft of sensitive information before encryption, increasing pressure on victims through data extortion. Cryptojacking similarly converts compromised computing resources into unauthorized cryptocurrency-mining infrastructure. Continuous resource monitoring and anomaly detection can help identify abnormal computational consumption (Khan, 2025; Diningrat et al., 2025).

3.9 Insider and Human-Centric Threats

Employees, contractors, administrators, and privileged users can intentionally or unintentionally expose cloud resources. Phishing, social engineering, weak passwords, excessive privileges, negligent configuration, and unauthorized shadow-cloud usage can undermine technical security controls. Insider-risk management therefore requires least-privilege access, strong authentication, user education, behavioral monitoring, and systematic control of unauthorized cloud services (Ali et al., 2025; Potla, 2025).

3.10 AI-Enabled Cybersecurity Threats

Artificial intelligence introduces a dual-use security challenge. Attackers can employ generative AI to produce convincing phishing content, automate reconnaissance, discover vulnerabilities, improve credential attacks, and generate malicious code. At the same time, AI systems deployed within cloud environments can themselves be targeted through adversarial manipulation, model poisoning, data poisoning, prompt-based attacks, and exploitation of poorly protected AI APIs. Thus, AI security must become an integrated component of multi-cloud cybersecurity governance (Khan, 2025; Ali et al., 2025).

3.11 Multi-Cloud Risk Assessment Framework

A multi-cloud risk assessment should begin with asset identification, followed by threat identification, vulnerability assessment, likelihood estimation, impact analysis, exposure evaluation, and risk prioritization. Assets should include not only servers and databases but also identities, APIs, containers, service accounts, data flows, cloud configurations, and third-party dependencies. Risk assessment should consequently consider both technical vulnerabilities and business consequences (Diningrat et al., 2025; Thangaraju, 2024).

3.12 Dynamic and Quantitative Risk Scoring

Static risk assessments can become outdated as cloud configurations, identities, workloads, vulnerabilities, and attack patterns change continuously. Dynamic scoring should therefore incorporate attack probability, business impact, data criticality, identity privilege, exposure duration, and vulnerability severity.

Continuous scoring enables organizations to prioritize high-risk assets and respond to changes before vulnerabilities become exploitable.

3.13 Cross-Cloud Attack-Path Analysis

Attack-path analysis provides a systematic method for understanding how adversaries could progress through interconnected cloud environments. Attack graphs can represent identities, vulnerabilities, permissions, trust relationships, APIs, and network connections as interconnected nodes and edges. Vulnerability chaining can then reveal critical pathways from an initially compromised asset to sensitive resources. Estimating the potential blast radius of these pathways allows organizations to identify high-value attack paths and prioritize remediation (Alao et al., 2024; Ali et al., 2025).

Multi-cloud risk assessment must move beyond isolated vulnerability identification toward continuous, relationship-aware, and attack-path-oriented risk analysis. The combination of identity intelligence, configuration monitoring, dynamic risk scoring, AI-assisted detection, and cross-cloud attack graphs provides a stronger foundation for anticipating and mitigating complex attacks across interconnected cloud ecosystems.

4. Advanced Mitigation Strategies and the Proposed Multi-Cloud Adaptive Cybersecurity Resilience Framework

The increasing complexity of multi-cloud environments requires security strategies that move beyond isolated, provider-specific controls toward continuous, adaptive, and intelligence-driven protection. Because identities, workloads, APIs, data, applications, and security policies may span several providers, effective protection must operate across cloud boundaries while maintaining consistent governance and visibility. The NIST Cybersecurity Framework 2.0 emphasizes a risk-

management approach based on governance, identification, protection, detection, response, and recovery, while Zero Trust shifts security from network location toward continuous verification of users, devices, services, and resources (Pascoe et al., 2024; Rose et al., 2020).

4.1 Zero-Trust Architecture for Multi-Cloud Security

Zero Trust provides a strong foundation for multi-cloud protection because it assumes that no user, device, workload, or network connection should receive implicit trust. Instead, access should be continuously evaluated according to identity, device condition, workload context, requested resource, and risk. In multi-cloud environments, this requires continuous authentication, least-privilege access, micro-segmentation, continuous authorization, device identity, workload identity, and consistent policy enforcement across providers (Rose et al., 2020; Kerman et al., 2020).

Micro-segmentation can restrict communication between workloads and reduce lateral movement following compromise. Similarly, adaptive authorization can dynamically modify privileges when risk conditions change. Rather than treating successful authentication as permanent authorization, access decisions should be continuously reassessed.

4.2 Unified Multi-Cloud Identity and Access Management

Identity should constitute a central control plane for multi-cloud security. Identity federation can simplify authentication across providers, while privileged access management (PAM), just-in-time access, role-based access control (RBAC), attribute-based access control (ABAC), and passwordless authentication can reduce unnecessary privileges.

Particular attention should be given to machine and service identities because automated workloads can possess long-lived credentials and extensive permissions. Just-in-time access can restrict privileged operations to defined periods, while automated credential rotation can reduce the value of compromised credentials. A unified identity strategy should therefore establish common organizational policies while respecting provider-specific implementation requirements.

4.3 Cloud-Native Application Protection

Cloud-native security should cover the complete application lifecycle, from development to deployment and runtime. Container security should include trusted base images, vulnerability scanning, image provenance, secrets protection, and runtime monitoring. Kubernetes environments require protection of control planes, service accounts, admission policies, namespaces, and cluster configurations.

Infrastructure-as-code should similarly undergo automated security testing before deployment. The NIST Secure Software Development Framework recommends integrating security practices throughout the software-development lifecycle rather than treating security as a final-stage activity (Scarfone et al., 2022).

Serverless security should address insecure dependencies, excessive execution privileges, event-source manipulation, function vulnerabilities, and runtime behavior. Consequently, cloud-native application protection should combine development-time assurance with continuous runtime protection.

4.4 API Security and Inter-Cloud Communication Protection

APIs are fundamental to multi-cloud interoperability but can become pathways for unauthorized access. Security should therefore incorporate API gateways, strong authentication, mutual TLS, secure token management, API discovery, rate limiting, schema validation, and continuous monitoring.

Organizations should maintain an inventory of authorized APIs and identify shadow or undocumented endpoints. Mutual TLS can strengthen service-to-service authentication, while short-lived tokens and narrowly scoped permissions can reduce the consequences of credential compromise. API telemetry should also be incorporated into centralized security analytics so that suspicious activity can be correlated across providers.

4.5 Data-Centric Security

Multi-cloud protection should follow the data rather than rely exclusively on network boundaries. Data should be classified according to sensitivity and protected through encryption at rest and in transit, customer-managed keys, data-loss prevention, tokenization, access controls, and secure key-management practices.

Confidential-computing technologies can provide additional protection for sensitive workloads by reducing exposure of data during processing. Privacy-preserving analytics can further enable organizations to extract useful information while

limiting disclosure of sensitive datasets. These controls become especially important where data is replicated between providers or transferred across national jurisdictions.

4.6 AI-Driven Threat Detection and Behavioral Analytics

Artificial intelligence can enhance multi-cloud security by identifying anomalous behavior across large and heterogeneous telemetry streams. Machine-learning models can support user and entity behavior analytics, anomaly detection, automated threat classification, adaptive risk scoring, and attack-path prediction.

However, AI-based cybersecurity must itself be governed carefully. Models may generate false positives, inherit biased data, or be manipulated through adversarial techniques. The NIST AI Risk Management Framework emphasizes systematic identification, measurement, and management of AI-related risks, while its generative-AI profile provides additional guidance for emerging AI risks (Autio et al., 2024).

For high-impact security decisions, explainable AI should be preferred so analysts can understand why an account, workload, or transaction has been classified as risky.

4.7 Security Information and Event Management Across Clouds

A multi-cloud environment requires centralized collection and correlation of security telemetry. A cross-cloud SIEM architecture can aggregate authentication logs, API events, network activity, workload telemetry, configuration changes, endpoint events, and data-access records.

Normalization is important because cloud providers use different event structures and terminology. Correlation can then identify relationships that would remain invisible within individual provider consoles. Integration with security orchestration and automated response platforms can transform detection into coordinated action.

4.8 Cloud Detection and Response

Cloud Detection and Response (CDR) should continuously monitor cloud identities, workloads, configurations, APIs, and network behavior. When malicious activity is detected, automated controls can isolate workloads, revoke credentials, block APIs, terminate suspicious sessions, or modify security policies.

Automated response should nevertheless be risk-sensitive. High-confidence events can trigger immediate containment, whereas ambiguous events should be escalated to analysts. This balance can reduce response time without allowing erroneous automated actions to disrupt legitimate business operations.

4.9 DevSecOps and Infrastructure-as-Code Security

Security should be integrated throughout CI/CD pipelines. Recommended controls include IaC scanning, secrets detection, software-composition analysis, container-image scanning, vulnerability assessment, dependency verification, and continuous compliance testing.

The NIST SSDF emphasizes secure development practices that address vulnerabilities throughout the software lifecycle (Scarfone et al., 2022). Supply-chain risk should also be assessed systematically because organizations increasingly depend on external software and service providers. The updated NIST Cybersecurity Supply Chain Risk Management guidance emphasizes visibility into acquired technology, suppliers, development processes, and associated cybersecurity risks (Boyens et al., 2024).

4.10 Cyber Threat Intelligence Integration

Threat intelligence should connect external knowledge with internal multi-cloud telemetry. Indicators of compromise, attack patterns, malicious infrastructure, vulnerability information, and cloud-specific threat intelligence can enrich security alerts.

The proposed approach extends conventional threat intelligence by incorporating attack-path intelligence. Rather than simply asking whether an indicator is malicious, the system evaluates whether the indicator is connected to a privileged identity, vulnerable workload, sensitive dataset, or cross-cloud trust relationship.

4.11 Resilience, Recovery, and Cyber Incident Response

Cybersecurity should not focus exclusively on prevention. Multi-cloud resilience requires independent backups, immutable storage, cross-cloud redundancy, disaster-recovery mechanisms, incident-response playbooks, and regular recovery testing.

Immutable backup architectures can reduce the ability of ransomware operators to destroy recovery points. CISA's ransomware guidance emphasizes preparation, prevention, response, and recovery as interconnected components of ransomware resilience.

Incident-response playbooks should specify responsibilities across cloud providers, internal security teams, application owners, and third-party service providers.

4.12 Governance, Compliance, and Regulatory Controls

Multi-cloud governance should harmonize security policies across providers while accommodating differences in technical implementation. Continuous compliance monitoring can identify deviations from organizational requirements before they become serious vulnerabilities.

Governance should address data sovereignty, privacy, regulatory obligations, third-party risk, retention requirements, encryption, identity management, and incident reporting. NIST CSF 2.0 provides a flexible structure for connecting cybersecurity activities with organizational risk management and governance (Pascoe et al., 2024).

4.13 Proposed Multi-Cloud Adaptive Cybersecurity Resilience Framework (MACRF)

Based on the preceding security requirements, this review proposes the Multi-Cloud Adaptive Cybersecurity Resilience Framework (MACRF). The framework is designed as a seven-layer architecture that connects visibility, assessment, intelligence, prediction, enforcement, response, and recovery.

Layer 1: Asset and Identity Intelligence

The first layer establishes a continuously updated inventory of:

- cloud assets;
- users;
- service accounts;
- APIs;
- workloads;
- applications; and
- data assets.

This layer creates the foundational context required for subsequent risk decisions.

Layer 2: Continuous Exposure Assessment

The framework continuously evaluates:

- vulnerabilities;
- misconfigurations;
- identity exposure;
- API exposure;
- supply-chain risks;
- exposed services; and
- excessive privileges.

The objective is to replace periodic assessment with continuous exposure awareness.

Layer 3: Cross-Cloud Threat Intelligence

Threat feeds, behavioral indicators, attack signatures, vulnerability intelligence, and attack-pattern information are correlated across providers. This layer converts isolated security events into contextualized intelligence.

Layer 4: AI-Driven Risk Analytics

AI and machine-learning techniques analyze the information generated by the preceding layers. The system produces:

- dynamic risk scores;
- anomaly detection;
- attack prediction;
- attack-path analysis; and
- blast-radius estimation.

AI should support—not automatically replace—human security judgment for high-impact decisions. This principle is consistent with the NIST AI RMF approach to trustworthy and risk-managed AI deployment (Autio et al., 2024).

Layer 5: Zero-Trust Policy Enforcement

The risk information is translated into adaptive security controls, including:

- adaptive authentication;
- least privilege;
- micro-segmentation;
- continuous authorization; and
- workload-aware access control.

Layer 6: Automated Detection and Response

When threats are confirmed, the framework can initiate:

- threat isolation;
- credential revocation;
- workload quarantine;
- API blocking;
- session termination; and
- automated remediation.

Layer 7: Resilience and Recovery

The final layer provides:

- backup;
- failover;
- recovery;
- incident learning; and
- continuous improvement.

The framework therefore forms a closed-loop architecture rather than a linear security pipeline.

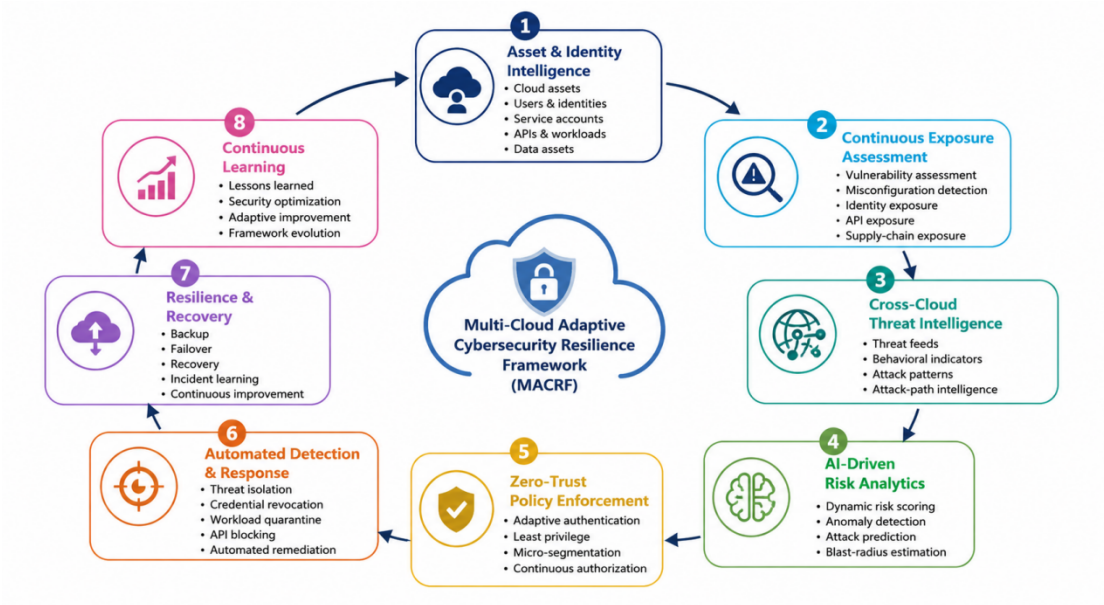


Figure 1. Proposed Multi-Cloud Adaptive Cybersecurity Resilience Framework (MACRF)

4.14 Implementation Challenges

Despite its potential, MACRF implementation faces significant challenges. Interoperability remains difficult because cloud providers use different APIs, security models, telemetry formats, and identity mechanisms. Vendor lock-in can restrict the portability of security controls, while data privacy and sovereignty can limit centralized collection and analysis.

AI-driven security introduces additional challenges involving false positives, model drift, adversarial manipulation, and explainability. Integration of multiple security tools can also increase operational complexity and cost. Organizations may additionally face shortages of personnel with expertise spanning cloud architecture, cybersecurity, AI, identity management, and DevSecOps.

The framework should therefore be implemented progressively, beginning with asset and identity visibility, followed by continuous exposure management, centralized telemetry, Zero Trust controls, AI-assisted analytics, and automated response. This staged approach reduces implementation risk while allowing organizations to develop the technical and organizational capabilities required for mature multi-cloud resilience.

5. Future Research Directions

The rapid development of multi-cloud computing, cloud-native applications, artificial intelligence, and distributed data infrastructures creates a need for cybersecurity research that extends beyond conventional preventive controls. Future research should focus on developing adaptive, autonomous, interoperable, privacy-preserving, and resilience-oriented security architectures capable of operating across heterogeneous cloud providers.

5.1 Autonomous Multi-Cloud Security Operations

Future research should investigate autonomous security operations capable of continuously discovering assets, identifying abnormal behavior, prioritizing risks, and executing appropriate responses across multiple providers. AI-assisted security operations could reduce dependence on manual investigation by connecting detection, investigation, response, and recovery into a continuous operational loop. However, research is required to establish appropriate levels of human oversight, particularly for automated actions involving critical workloads and sensitive data (Pascoe et al., 2024).

5.2 Explainable and Trustworthy AI for Cloud Security

Although AI can improve anomaly detection and threat prediction, opaque models can create difficulties when security teams need to understand why an alert or automated decision was generated. Future studies should therefore develop explainable AI models that provide interpretable evidence for risk scores, attack predictions, and recommended responses.

Research should also evaluate model robustness, bias, uncertainty, adversarial manipulation, and model drift. The NIST AI Risk Management Framework provides an important foundation for developing trustworthy AI systems (Autio et al., 2024).

5.3 Quantum-Resistant Multi-Cloud Cryptography

The emergence of quantum computing creates a long-term requirement for cryptographic systems capable of resisting quantum attacks. Future research should examine the migration of multi-cloud environments toward post-quantum cryptography (PQC), particularly for identity federation, API authentication, key exchange, data-at-rest protection, and inter-cloud communication. NIST's recent standardization of post-quantum cryptographic algorithms provides a foundation for investigating practical migration strategies across heterogeneous cloud platforms (National Institute of Standards and Technology, 2024).

5.4 Confidential Computing Across Heterogeneous Providers

Confidential computing provides mechanisms for protecting sensitive information while it is being processed. Future research should investigate interoperability between confidential-computing technologies offered by different cloud providers. Important research questions include cross-provider trusted execution environments, remote attestation, secure workload migration, key management, and confidential processing of distributed datasets.

5.5 Digital Twins for Multi-Cloud Cyber-Risk Simulation

Digital twins could provide virtual representations of multi-cloud infrastructures in which organizations can simulate cyberattacks without directly affecting production systems. Future research should develop digital twins capable of representing identities, workloads, APIs, network dependencies, vulnerabilities, and data flows. Such environments could support controlled testing of ransomware propagation, privilege escalation, cross-cloud lateral movement, and recovery strategies.

5.6 AI-Driven Attack-Path Prediction

Conventional vulnerability assessment generally identifies individual weaknesses without fully describing how attackers could chain them together. Future research should combine graph-based security models with machine learning to predict likely attack paths. Such models could integrate identity relationships, vulnerabilities, permissions, network connectivity, API dependencies, and trust relationships to estimate attack probability and potential blast radius.

5.7 Privacy-Preserving Cross-Cloud Threat Intelligence

Sharing security intelligence between organizations and cloud providers can improve collective defense but may expose sensitive operational information. Future research should investigate privacy-preserving approaches, including secure aggregation, differential privacy, federated learning, and cryptographic techniques that allow organizations to share useful threat intelligence without revealing confidential datasets.

5.8 Autonomous Policy Generation and Enforcement

Future multi-cloud security systems could automatically generate and update security policies based on organizational risk, workload characteristics, regulatory requirements, and observed threats. Research should examine policy-generation systems that translate high-level security requirements into provider-specific configurations while maintaining consistency across clouds. Human approval mechanisms will remain important for high-risk policy changes.

5.9 Federated Learning for Multi-Cloud Security Analytics

Federated learning provides an opportunity for multiple cloud environments to collaboratively train machine-learning models without necessarily centralizing raw security data. Future studies should investigate federated security analytics for detecting distributed attacks, abnormal authentication behavior, malware, and coordinated cross-cloud attacks. Particular attention should be given to poisoning attacks, communication overhead, heterogeneous datasets, and model reliability.

5.10 Standardized Cross-Provider Security Benchmarks

A major research gap is the absence of sufficiently standardized methods for comparing security performance across multi-cloud architectures. Future research should establish common benchmarks covering detection accuracy, false-positive rates, response time, attack-path reduction, identity protection, configuration security, resilience, interoperability, and recovery

performance. Standardized benchmarks would enable meaningful comparison of competing security frameworks and support evidence-based selection of multi-cloud security technologies.

6. Conclusion

Multi-cloud computing provides organizations with scalability, flexibility, resilience, workload specialization, and reduced dependence on a single cloud provider. However, these benefits are accompanied by a substantially more complex cybersecurity environment characterized by distributed identities, heterogeneous security controls, cross-cloud APIs, interconnected workloads, supply-chain dependencies, fragmented telemetry, and expanded attack surfaces. Consequently, conventional security approaches designed around individual infrastructure environments are increasingly inadequate for protecting interconnected multi-cloud ecosystems.

This review demonstrates that effective multi-cloud cybersecurity requires a transition from perimeter-oriented and provider-specific protection toward continuous, identity-centric, adaptive, and provider-agnostic security. Zero Trust architecture, unified identity management, cloud-native application protection, API security, data-centric controls, AI-assisted threat detection, centralized security analytics, DevSecOps, cyber-threat intelligence, and resilient recovery mechanisms provide complementary layers of protection.

The proposed Multi-Cloud Adaptive Cybersecurity Resilience Framework (MACRF) integrates these capabilities through seven interconnected layers: asset and identity intelligence, continuous exposure assessment, cross-cloud threat intelligence, AI-driven risk analytics, Zero-Trust policy enforcement, automated detection and response, and resilience and recovery. Future progress will depend on solving major challenges involving interoperability, automation, AI trustworthiness, privacy, regulatory fragmentation, quantum-resistant cryptography, confidential computing, and standardized evaluation. Particularly promising directions include digital-twin-based cyber-risk simulation, AI-driven attack-path prediction, federated security analytics, autonomous policy enforcement, and privacy-preserving threat intelligence.

Ultimately, the future of multi-cloud cybersecurity should not be defined solely by the ability to prevent individual attacks. Rather, mature security should be measured by the capacity to anticipate threats, understand interconnected attack paths, adapt controls dynamically, contain compromise, maintain critical operations, recover rapidly, and learn continuously from security events. The convergence of Zero Trust, artificial intelligence, cloud-native security, automated response, privacy-preserving analytics, and cyber-resilience engineering therefore provides a promising foundation for developing more intelligent and sustainable multi-cloud security ecosystems.

References

Adanigbo, O. S., Adekunle, B. I., Ogbuefi, E., Odofin, O. T., Agboola, O. A., & Kisina, D. (2024). Implementing Zero Trust security in multi-cloud microservices platforms: A review and architectural framework. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies, 4*(6), 2402–2409. https://doi.org/10.62225/2583049X.2024.4.6.4357

Adelusi, A. J. (2026). Securing multi-cloud environments in government and enterprise systems: Challenges, frameworks, and best practices. *International Journal of Technology, Management and Humanities*. https://doi.org/10.21590/ijtmh.12.01.13

Alao, O., Adekeye, O. E., Adeagbo, B. T., & Oyerinde, A. T. (2024). Zero Trust security framework for multi-cloud environments. *International Journal of Scientific Research and Modern Technology, 3*(11), 162–169. https://doi.org/10.38124/ijsrmt.v3i11.938

Ali, S., Talpur, D. B., Abro, A., Alshudukhi, K. S., Alwakid, G. N., Humayun, M., Bashir, F., Wadho, S. A., & Shah, A. (2025). Security and privacy in multi-cloud and hybrid cloud environments: Challenges, strategies, and future directions. *Computers & Security, 157*, 104599. https://doi.org/10.1016/j.cose.2025.104599

Clement, N., & Arce, D. (2024). Dynamics of shared security in the cloud. *Information Systems Research, 36*(2), 916–943. https://doi.org/10.1287/isre.2023.0256

Diningrat, D. C., Suhardi, & Rahardjo, B. (2025). Security issues in multi-cloud: A systematic literature review. *IEEE Access, 13*, 70006–70017. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3561352

Jonnalagadda, A. M. C. (2024). A systematic analysis of security challenges in enterprise cloud deployments: Understanding the shared responsibility model and risk mitigation strategies. *International Journal of Computer Engineering and Technology, 15*(6), 535–547. https://doi.org/10.5281/zenodo.14196102

Khalil, A., et al. (2024). Data security and governance in multi-cloud computing environment. *Proceedings of the IEEE International Conference on Future Internet of Things and Cloud*. https://doi.org/10.1109/FiCloud62933.2024.00040

Khan, A. (2025). A comprehensive review of cloud computing security: Threats, challenges, and solutions. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 16*(1).

Khan, R. S. (2025). Security challenges and mitigation strategies in multi-cloud environments: A comprehensive analysis. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 26*(1), 3725–3731. https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.1.1502

Manne, T. A. K. (2023). Implementing Zero Trust Architecture in multi-cloud environments. *International Journal of Computing and Engineering*. https://doi.org/10.47941/ijce.2754

Naik, P., Goel, S., Raichstein, E., Govindarajan, C., & Jayachandran, P. (2024). Enabling multi-cloud observability. In *Proceedings of COMSNETS 2024*. IBM Research.

Potla, R. T. (2025). Enhancing zero trust security in cloud computing through machine learning. *Journal of Computer and Communications, 13*, 1–16.

Potla, S. (2025). Securing multi-cloud environments: Challenges and solutions. *Journal of Computer Science and Technology Studies, 7*(4), 780–785. https://doi.org/10.32996/jcsts.2025.7.4.90

Thambireddy, S., Bussu, V. R. R., Anbalagan, B., & Pasumarthi, A. (2024). Zero Trust in practice: How enterprises are implementing Zero Trust architectures across multi-cloud system. *Research and Analysis Journal, 7*(12), 36–46. https://doi.org/10.18535/raj.v7i12.542

Thangaraju, V. (2024). Security considerations in multi-cloud environments with seamless integration: A review of best practices and emerging threats. *Transactions on Engineering and Computing Sciences, 12*(2), 226–238. https://doi.org/10.14738/tecs.122.18544

Walsham, M. (2024). Cloud security: Sharing is caring. *Computer Fraud & Security, 2024*(3). https://doi.org/10.52710/cfs.11

TOWARDS RESILIENT OFF-GRID POWER SYSTEMS: MODELING, CONTROL, AND ENERGY MANAGEMENT OF PV-WIND HYBRID SYSTEMS WITH BATTERY-SUPERCAPACITOR STORAGE

ALI BIDA Ahmed[1], OUARI Abbes[2]

1. **Higher School of Electrical and Energy Engineering of Oran, Algeria. ORCID 0000-0002-6870-079**
2. **APELEC Laboratory, Djillali Liabes University, Sidi Bel Abbes, Algeria. ORCID 0000-0002-8429-1719**

Corresponding author, e-mail: bidaa@live.fr

Abstract

Integrating renewable sources into off-grid power systems faces significant challenges due to the intermittent nature of solar and wind resources. This study addresses these issues by comprehensively modeling, simulating, and controlling a standalone hybrid renewable energy system (HRES) combining PV generation, a Doubly-Fed Induction Generator (DFIG)-based wind turbine, and a hybrid energy storage system (HESS) with batteries and supercapacitors. A detailed single-diode PV generator model was developed, incorporating irradiance and temperature effects on its I-V and P-V characteristics. For the wind system, a complete aerodynamic turbine model was coupled with the DFIG electromechanical model to simulate variable wind profiles. The HESS, integrating a battery (long-term) and a supercapacitor (transients), was modeled with a bi-directional buck-boost converter to ensure effective charge/discharge control and DC bus voltage regulation. Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithms, including Perturb & Observe (P&O), were implemented for both sources to maximize energy extraction under varying conditions. The entire architecture, including rectifiers, DC-DC converters, and a two-level inverter, was simulated using MATLAB/Simulink. Simulation results demonstrate the control strategies' effectiveness in maintaining stable DC bus voltage and ensuring continuous power supply under fluctuating irradiation, variable wind speeds, and sudden load changes. The hybrid storage successfully compensates for power imbalances, where the supercapacitor smooths rapid transients, extending battery lifespan and enhancing overall reliability. This work highlights the critical role of advanced modeling, optimal sizing, and intelligent management in designing robust and efficient off-grid hybrid systems for remote areas.

Keywords: Hybrid Renewable Energy System, Photovoltaic, Wind Turbine, DFIG, Hybrid Energy Storage, Battery, Supercapacitor, MPPT, Off-grid, Energy Management, MATLAB/Simulink.

INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT STRATEGIES FOR STANDALONE PV-WIND-BATTERY SYSTEMS: A REVIEW OF CONTROL ARCHITECTURES AND OPTIMIZATION TECHNIQUES

ALI BIDA Ahmed[1], OUARI Abbes[2]

1. **Higher School of Electrical and Energy Engineering of Oran, Algeria. ORCID 0000-0002-6870-079**
2. **APELEC Laboratory, Djillali Liabes University, Sidi Bel Abbes, Algeria. ORCID 0000-0002-8429-1719**

Corresponding author, e-mail: bidaa@live.fr

Abstract

Rising demand for reliable electricity in remote areas has accelerated standalone hybrid renewable energy system (HRES) deployment. However, solar and wind variability necessitates sophisticated energy management strategies (EMS) to ensure stability, efficiency, and longevity. This study provides a detailed comparative analysis of power converter topologies (AC-DC rectifiers, DC-DC converters, and DC-AC inverters) for interfacing diverse sources with a common DC bus and AC loads. It critically evaluates widely adopted MPPT techniques—from classical P&O and Incremental Conductance to advanced AI approaches like Fuzzy Logic and Neural Networks. A significant focus is placed on battery energy storage system (BESS) modeling and control, including SOC estimation, charge/discharge management, and hybrid storage integrating supercapacitors to address both long-term needs and short-term power quality. The paper further explores EMS's critical role in optimizing power flow among PV, wind, and storage. Recent developments in rule-based, fuzzy logic, and model predictive control (MPC) strategies are reviewed, highlighting their ability to maintain DC bus voltage, prolong battery life, and ensure uninterrupted supply. A comparative analysis of system configurations, control parameters, and performance indicators is presented, drawing on recent simulations and experiments. The review concludes by identifying key research gaps, notably the need for more robust, adaptive, and computationally efficient algorithms to manage the increasing complexity and scale of HRES.

Keywords: HRES, Energy Management, MPPT, Power Converters, Battery Storage, Supercapacitor, Off-grid, Fuzzy Logic, MPC, Control Algorithms.

MEHMED AKİF ERSOY'UN İSTİKLAL MARŞI ŞİİRİN'DE İSTİKLAL GURURUMUZUN TERENNÜMÜ

MEHMED AKIF ERSOY'S NATIONAL ANTHEM POEM: THE PRIDE OF OUR TURKISH POETRY AND OUR HISTORY

Prof. Dr. Elman Guliyev
Azerbaycan, Bakü
Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Türkoloji merkezinin Türk edebiyatı bölümünün başkanı, Orcid: 0000-0001-5413-9479
elman.guliyev1958@gmail.com

(+99450) 356 44 01

ÖZET

Edebiyat ve sanat dünyasında "İstiklal Marşı Şairi" sıfatıyla ünlenen Mehmed Akif'in eserlerinin temelinde şiirler yer alır. Türk devletinin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk'ün "İstiklal Yürüyüşü" ile ilgili şu görüşleri sosyo-politik ve milli-manevi açıdan önemlidir: "Bu marş bizim inkılabımızı anlatır, inkılabımızın ruhunu anlatır. Bunu ne unutmak ne de unutturmak lazımdır".

"İstiklal Marşı" şiiri 1921 yılında yazılmıştır. "İstiklal Marşı"nın yazılışının ilginç bir hikayesi var. 1920'nin sonunda Türk gazetelerinde "İstiklal Marşı" yazmak için bir yarışma ilan edildi. "Hâkimiyeti-milliye" gazetesinin 7 Kasım 1920 tarihli sayısının 2. sayfasında Milli Eğitim Bakanı Rıza Nur'un imzasıyla "İstiklâl Marşı" müsabakasının yapılacağı ilân edilir.

"Hakimiyeti-milliye" gazetesinde "İstiklal Marşı"na ilişkin ilan metni, "Açık Söz" gazetesinin 11, 22, 29 Kasım ve 16 Aralık 1920 tarihli sayılarında da yayımlanmıştır. "İstiklal Marşı" yarışmasını ülke çapında yaygınlaştırmak ve çok sayıda katılımcıyı yarışmaya çekmek amacıyla "Hakimiyeti-milliye" gazetesinde basılan yarışma metni " Açık Söz " gazetesinin arka arkaya 4 sayısında tekrarlanmıştır. Yarışmaya gönderilen 724 şiirin her biri "Heyyati-adabiyye" üyeleri ve Hamdullah Suphi tarafından bizzat incelendi. M.A.Ersoy'un şiiri tartışmalardan sonra Türkiye İstiklal Marşı'nın sözleri olarak kabul edilir. TBMM'nin 12 Mart 1921 tarihli toplantısında Balıkesir milletvekili Hasan Basri, Bitlis milletvekili Yusif Ziya, Kırşehir milletvekili Yahya Ghalib, Isparta milletvekili İbrahim, Ankara milletvekili Şemseddin, Dr. Suat, Kastamonu milletvekili, Bolu milletvekili Tunalı Hilmi ve diğer milletvekilleri Mehmet Akif Ersoy'un şiirini okudular, takdir ve kabullerini arz ettiler. Konya'dan seçilmiş milletvekili Refik Bey, ayakta "İstiklal Marşı"nı söylemesini ister. TBMM Başkanı, "İstiklal Marşını" ayakta dinlemeyi teklif ediyor. Böylece "İstiklal Marşı" üç kez ayakta okunduktan ve ayakta alkışlandıktan sonra kabul edilir.

Anahtar kelimeler: "İstiklâl Marşı", Atatürk, Ersoy, Hamdullah Suphi, "Açık söz" gazetesi

SUMMARY

Poems are the basis of the works of Mehmed Akif, who became famous as the "Poet of the National Anthem" in the world of literature and art. The following views of Mustafa Kemal Atatürk, the founder of the Turkish state, regarding the "Independence March" are important from a socio-political and national-spiritual point of view: "This march tells about our revolution, it tells about the spirit of our revolution. It is neither necessary to forget nor to be forgotten".

The poem "National Anthem" was written in 1921. There is an interesting story behind the writing of the "National Anthem". At the end of 1920, a competition was announced in Turkish newspapers to write the "Independence Anthem". On the 2nd page of the "Hâkimiyeti-milliye" newspaper dated 7 November 1920, it is announced that the "Independence Anthem" competition will be held with the signature of the Minister of National Education Rıza Nur.

The text of the announcement regarding the "Independence Anthem" in the "Hakimiyeti-milliye" newspaper was also published in the issues of the "Acık Soz" newspaper dated 11, 22, 29 November and 16 December 1920. The text of the competition, which was published in the "Hakimiyeti-milliye" newspaper, was repeated in 4 consecutive issues of the "Açık Soz" newspaper in order to spread the "National Anthem" competition throughout the country and to attract a large number of participants to the competition. Each of the 724 poems sent to the competition was personally reviewed by the members of "Heyyati-adabiyye" and Hamdullah Suphi. M.A. Ersoy's poem is accepted as the words of the Turkish National Anthem after the discussions. At the meeting of the Grand National Assembly on March 12, 1921, Balıkesir deputy Hasan Basri, Bitlis deputy Yusif Ziya, Kırşehir deputy Yahya Ghalib, Isparta deputy İbrahim, Ankara deputy Şemseddin, Dr. Suat, Kastamonu deputy, Bolu deputy Tunalı Hilmi and other parliamentarians read the poem of Mehmet Akif Ersoy and offered

their appreciation and acceptance. The Speaker of the Grand National Assembly of Turkey proposes to listen to the "National Anthem" standing up. Thus, the "National Anthem" is accepted after being sung three times and given a standing ovation.

Key words: "Independence Anthem", Atatürk, Ersoy, Hamdullah Suphi, "Açık Soz" newspaper

1.GİRİŞ

Mehmet Akif Ersoy'un sanatı, Türk ve İslam fikirlerinden yola çıkılarak oluşturulmuş ve geliştirilmiş muhteşem bir yaratıcılıktır. Edebiyat ve sanat dünyasında "İstiklal Marşı Şairi" olarak ünlenen Mehmet Akif, belli edebî akımlar düzeyinde kendine has bir üslûp ve yola sahip bir sanatçı olarak değerlendirilmekte ve birçok durumda edebi akımların sınırlarını aşarak bambaşka bir etki yaratan eser sahibi olmuştur. Şiirler, Mehmet Akif'in yaratıcılığının temelidir. Şiirlerinin çoğu "Safahat" adıyla yayınlanan yedi cilt halinde toplanmıştır. Safahat'ta yer alan her kitabın kendi başlığı vardır. "Safahat" ismi "maharet", "hayat mertebesi", "hayat buluşması" anlamlarına tekabül etmektedir. 11240 beyitten oluşan Safahat'ta 108 manzum eser bulunmaktadır. Şairin kendi el yazısı ile hazırladığı bu kitaplar, 1908 yılından ömrünün sonuna kadar yazdığı örneklerden derlenmiştir.

Mehmet Akif her şeyden önce "İstiklal Marşı'nın şairidir". "İstiklal Marşı" şiiri 1921 yılında yazılmıştır. Her şeyden önce İstiklal Marşı'nın yazımı ilginç bir tarihe sahiptir. "İstiklal Marşı"nın sözlerinden yola çıkılarak yazılan çağdaş Türk devletinin marşı, Türk milletinin ruhunu, hislerini ve duygularını yüksek oranda ifade etmesi bakımından karakteristiktir. Türk devletinin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk'ün "İstiklal Marşı"na ilişkin şu görüşleri sosyo-politik ve millî-manevî açıdan taşıdığı önemle ayırt edilir."Bu marş, devrimimizi ve onun ruhunu ifade ediyor. Bu unutulmamalı veya unutturulmamalıdır. "İstiklal Marşı"nda istiklal davamızın anlaşılması açısından büyük anlam taşıyan mısralar bulunmaktadır. İşte en sevdiğim mısralar:

Haqqıdır hürr yaşamış bayrağımın hürriyyət,

Haqqıdır haqqa tapan millətimin istiqlal.

Bu milletin unutmamasını istediğim ayetler bunlardır. Özgürlük ve bağımsızlık aşkı bu milletin ruhudur. Tarihe bakın, bütün milletlerin bir kölelik ve hürriyetsizlik dönemleri olduğu bir gerçektir. Dünya tarihinde hürriyet ve istiklalini devamlı korumuş ve müdafaa etmiş bir millet vardır - Türkler... Asırlar boyu söylenmeli ve bütün dost ve düşmanlar şunu anlamalıdır ki, Mete zamanında olduğu gibi her şey, hatta en mahrem duyguları bile tehlikeye girebilir ama özgürlük asla! Demek ki beyler, Türk'ün özgürlüğüne dokunulamaz."

M. A. Ersoy'un kahraman Türk ordusuna ithaf ettiği ve İstiklal Marşı yarışmasına gönderilen İstiklal Marşı şiiri, hem tüm Türk edebiyatında hem de Türkiye'nin sosyal ve siyasi tarihinde önemli bir yere sahiptir. İstiklal Marşı şiiri hakkında konuşan M.A. Ersoy, İstiklal Marşı'nın şiir olarak hiçbir değerinin olmadığını, tarihi değerinin ise çok büyük olduğunu söylemiştir .Bu şiir yaşamı boyunca eserleri arasında yayımlamasa da milli ruhun ve milli duyguların şiirsel tanıtımı ve kutlanması açısından özel bir değere sahip olmuş , bu şiir yazarına tüm türk dünyasında "İstiklal marşı şairi " ismi kazandırmıştır.

2.YÖNTEM

M.A. Ersoy'un "İstiklal Marşı"nın bu kadar ihtişama ve büyük başarıya imza atması sebepsiz değil. M.A. Ersoy'un yakın arkadaşlarından Feridun Gandemire'nin "İstiklal Marşı"nı nasıl yazdınız?" sorusuna verdiyi cevapda mühteşemlik vardır. "Şiirim umutla ve imanla yazılmıştır. O zaman düşünün imanın olmasaydı yazabilirmiydim? Ben aksini yazanlardan değilim. Bunu yapamam. Tüm duygularım yazılarımda."

Görüldüğü gibi M.A. Ersoy'un belirli sebeplerden dolayı yazmak istemediği ancak kısa sürede yazdığı İstiklal Marşı şiiri sadece edebi bir olay olarak değil, milli ve siyasi bir olay olarak da tarihe geçmiştir. Bu nedenle İstiklal Marşı'nın yazılmasına ilişkin bazı hususların bilinmesi gerekmektedir. 1920'nin sonlarında Türk gazetelerinde İstiklal Marşı'nın yazılması için bir yarışma ilan edildiğini belirtmek gerekir. "Hâkimiyeti-milliya" gazetesinin 7 Kasım 1920 tarihli sayısının 2 sayfasında, Milli Eğitim Bakanı Rıza Nur imzasıyla "İstiklâl Marşı" müsabakasının yapılacağı ilân olunur. "Türk şairlerinin teorik dikkatine, Milli Eğitim Bakanlığı şairlerine yönelik "İstiklal Marşı Davetiyesi" duyurusunda, yarışmanın amaç ve koşulları hakkında şu ifadelere yer verilmiştir:"Milletimizin iç ve dış bağımsızlık mücadelesini ifade etmek ve yüceltmek amacıyla 'İstiklal Marşı' yarışması düzenlendi.... Ülkemizdeki tüm kalem sahiplerini hizmet vermeye davet ediyoruz. İthaf edilecek eserler, bir veya iki ay sonra - 23 Aralık 1920'de Maarif Nezareti bünyesindeki "Heyyeti-Edebiye" tarafından değerlendirilecektir. Değerlendirmeye alınacak eserin sadece sözlerine 500 lira ödül verilecektir.

Beste için kurulacak 500 lira için ayrı bir yarışma düzenlenecek. Tüm başvurular Ankara'da bulunan TBMM Maarif Daire Başkanlığına yapılacaktır."

"Hakimiyeti-milliye" gazetesinde "İstiklal Marşı"na ilişkin ilan metni, "Açık Söz" gazetesinin 11, 22, 29 Kasım ve 16 Aralık 1920 tarihli sayılarında da yayımlanmıştır."Hakimiyeti-milliya" gazetesinde basılan yarışma metni, "İstiklal Marşı" yarışmasını ülke çapında yaygınlaştırmak ve çok sayıda katılımcıyı yarışmaya çekmek amacıyla "Açık söz" gazetesinde arka arkaya 4 sayı tekrarlanmıştır.Yarışma metninin hazırlanması ve duyurular Milli Eğitim Bakanı Reza Nur tarafından yapılmasına rağmen resmen çalışmak üzere Moskova'ya gönderildiği için başladığı işi tamamlayamamış ancak Milli Eğitim Bakanı olarak yeni atanan Hamdullah Subhi , "İstiklal Yürüyüşü" yarışmasına öncülük etmiştir.Hamdullah Subhi, devletin Maarif Nazırı olarak görev yapmasına rağmen, henüz dünya kamuoyu tarafından tanınmayan ve yeni kurulan Türk devletinin tüm sosyal ve siyasi yaşamına aktif olarak katılmış ve özellikle bütün çabasını İstiklal marşının devletin temel niteliklerinden biri olarak kabul edilmesine , bu devlete adamıştır.

"Hakimiyeti-milliya" ve "Açık söz" gazetelerinde "İstiklal Marşı" yarışmasıyla ilgili ilanların yayınlanmasının ardından ilk etapta giren 500'ü aşkın şiirin hiçbiri Hamdullah Subhi tarafından beğenilmemişdir.Ancak daha sonraki dönemlerde yarışmaya şiirler gönderilmiş ve 1921 Şubat ayı başında yarışmaya gönderilen toplam şiir sayısı 724 olmuştur. Böylece yarışmaya gönderilen 724 şiirin her biri "Heyyeti-edebiyye" üyeleri ve Hamdullah Subhi tarafından bizzat incelenmiş ve hiç birine olumlu görüş verilmemişdir.

Bahsettiğimiz gibi bu şiirler belirli sanatsal niteliklere sahip olmalarına rağmen yarışma koşullarını sağlamadıkları için kabul edilmemiştir. Daha sonra 12 Mart 1921'de M.A. Ersoy'un yazdığı şiir İstiklal Marşı olarak kabul edilince, yarışmayı yöneten Milli Eğitim Bakanı Hamdullah Subhi şiirlerin kabul edilmeme nedenlerine değinirken şu noktayı vurgulamışdı: "Şairlerimize halkın ruhunu ve heyecanını anlatan şiirler yazmaları için çağrıda bulunuyoruz. Mevcut şiirlerimiz bugünkü mücadelemizi anlatmıyorsa, şairlerimizin de kişisel duygularını ifade ettikleri kesinlikle doğru değildir."

3.BULGULAR

İstiklal Marşı yarışmasına gönderilen 724 şiirin kabul edilmemesi nedeniyle, devletin ve milletin milli marş ihtiyacındaki mevcut uçurum, milliyetçi ve "Türk ocaklarının efsane lideri" Hamdullah Subhini'yi endişelendirmiş ve o tüm ümutlarını M.A.Ersoya bağlamıştır.Ancak M.A. Ersoy, ulusal marş yarışmasına katılma fikrinden uzak olmuştu.Çünkü M.A. Ersoy, yarışma şartlarına göre birinciye verilecek 500 lira nakit para ödülüne itiraz ederek, "İstiklal marşı parayla yazılmaz, istiklal marşı ancak milletin heyecan ve inancından ilham alınarak yazılır" demiştir. Bu nedenle M.A. Ersoy, Kasım ve Aralık 1920'de "Hakimiyeti-miliya" ve "Açık soz" gazetelerinde yayınlanan ilanları ve Millet Meclisi'ndeki sohbetleri görmezden gelmiş ve rekabetin dışında kalmışdı. Ancak Hamdullah Subhi, milli marşın yazılmasında M.A. Ersoya umut bağlamış ve onun bu yarışmaya katılmasının yollarını aramıştır.Bu amaçla Milli Meclis'te M.A. Ersoy'un yanında oturan ve M.A. Ersoy'un en yakın arkadaşı olan Hasan Basri Chantayl ile tanışır. Hamdullah Subhi, Hasan Basri'den M.A. Ersoy'u milli marşı yazmaya ikna etmesini ister. Ancak M.A. Ersoy, Hasan Basri'nin isteğini kabul etmez ve verdiği yanıt şöyledir: "Ne yarışmaya katılacağım ne de ödül alacağım.Bu yaştan sonra yarışıma gireceğim, ayıp değil mi?" Hamdullah Subhi, M.A. Ersoy'un kesinleşmiş para ödülünün olmadığı bahanelerine ve Namık Kemal'in ateşli ifadelerine rağmen Hasan Basri'den onunla tekrar görüşmesini ister.Hamdullah Subhi de M.A. Erso'ya sunmak üzere bir rica mektubu yazar. 5 Şubat 1921 tarihli aynı mektupta Hamdullah Subhi şöyle yazıyordu: "Sayın ve muhterem efendim, İstiklal Marşı için ilan edilen yarışmaya katılmamanızı ortadan kaldıracak bir takım tedbirler vardır.Sizin gibi bir ustanın yarışmaya katılıp uygun şiiri yazması için son çaremizdir. İtirazınıza neden olan her şeyi yapacağız. Efendim, ülkeyi bu etkili telkin ve şevkten mahrum bırakmamanızı bir kez daha rica ediyor, bu vesileyle en derin saygı ve sevgilerimi sunuyorum.Hasan Sabri, TBMM'de Mehmet Akif Ersoy ile görüşür ve ondan bir kez daha İstiklal Marşı'nı yazmasını rica eder. Mehmet Akif, "İstiklal marşı parayla yazılmaz" diyerek yarışmaya katılmayacağını söylüyor.Ancak Hasan Basri 500 liranın bir hayır kurumuna verileceğini söylüyor. Ardından M.A. Ersoy, yarışmanın gereklerine göre bir şiir yazmayı kabul eder. Hasan Basri'ye göre M.A. Ersoy, o andan itibaren TBMM'de "İstiklal Marşı"nın ilk satırlarını yazmaya başlamışdı.Mehmet Akif "İstiklal Marşı"nı 2 günde yazmasına rağmen 20 Şubat 1921'de şiiri yarışmaya sunmuşdu. Hamdullah Subhi bu şiirin önce askerler arasında okunması gerektiğine karar vermiş ve bu amaçla şiiri Batı Cephesi Komutanlığına göndermiştir. Şiir askerler arasında iyi karşılanmışdı."İstiklâl Marşı"nın 17 Şubat 1921'de "Hakimiyeti-milliye" gazetesinde, daha sonra "Sebülürraşad" ve "Öğüt" gazetelerinde yayımlanarak toplumda yaygınlaşması sağlanmışdı. 12 Mart 1921'de Mustafa Kemal Atatürk'ün başkanlığında TBMM'de tartışmalar başlamışdı.İstiklal Marşı'nın yanı sıra 6 şiir daha ele alınmıştır. Ancak diğer şiirler TBMM'de görüşülmez. M.A. Ersoy'un şiiri tartışmalardan

sonra Türkiye İstiklal Marşı'nın sözleri olarak kabul edilir. TBMM'nin 12 Mart 1921 tarihli toplantısında Balıkesir Mebusu Hasan Basri, Bitlis Mebusu Yusif Ziya, Kırşehir Mebusu Yahya Galib, Isparta Mebusu İbrahim, Ankara Mebusu Şemseddin, Dr. Suat , Kastamonu Milletvekili, Bolu Milletvekili Tunalı Hilmi ve diğer milletvekilleri Mehmet Akif Ersoy'un şiirini okudular, takdir ve kabullerini arz ettiler.

Konya'dan seçilmiş milletvekili Refik Bey, ayakta "İstiklal Marşı"nı söylemesini ister. TBMM Başkanı, "İstiklal Marşını" ayakta dinlemeyi teklif ediyor. Böylece "İstiklal Marşı" üç kez ayakta söylendikden ve ayakta alkışlandıktan sonra kabul edilir.

Qorxma, sönməz bu şəfəqlərdə üzən al bayraq,

Sönmədən yurdumun üstündə tütən ən son ocaq.

O mənim millətimin ulduzudur, parlayacaq,

O mənimdir, o mənim millətimindir ancaq!

Çatma, qurbanın olum, çöhrəni, ey nazlı hilal,

Qəhrəman xalqıma bir gül... nədir bu şiddət, bu cəlal?!

Sənə olmaz tökülən qanlarımız sonra halal,

Haqqıdır Haqqa sitayiş edən millətimin istiqlal!

Görüldüğü gibi M.A. Ersoy'un “İstiklal Marşı”nın yazımı ve karşılanması ilginç bir geçmişe sahip.

Türk milli kimliğinin gururu haline gelen "İstiklal Marşı" hiç şüphesiz bu tarihin en şerefli sayfası ve en görkemli abidesidir. Feridun Gandemir'in İstiklal Marşı'nı nasıl yazdınız? sorusuna M.A. Ersoyun'un "...umutla, inançla... İnancım olmasa yazabilir miydim?" cevapınta büyük gerçeğe ek olarak, büyük tarih de var. Ancak bu tarih, geçmişin tarihidir. Allah bize bu tarihi yaşattı ve bize doğruyu gösterdi.M.A. Ersoy'un tanınmış Türk aydınları Ruşen Eşref Unaydın ve Hakkı Tarık Usa ile ilgili "İstiklal Marşı" ile ilgili "İstiklal Marşı" bir daha yazılmayacak, kimse yazmayacak, ben de yazmayacağım, Allah bu millete bir daha ”İstiklal marşı”yazdırmasın" düşüncelerinde ise her kesin kabulleneceği heyecan olsa da tarih yokdur. Allah bir daha bu tarihi bize nasib etmesin.Bu arada, 12 Şubat 1923'te Milli Eğitim Bakanlığı, kabul edilen ilahinin sözlerine müzik yazmak için bir yarışma ilan etti. Yarışmaya 24 besteci katılıyor. 1922'de ünlü müzisyen Osman Zeki Üngör (1880-1958), M.A. Ersoy'un sözleriyle yazdığı müziği yarışmaya sunmuşdu. Komisyon Ali Rıfat Çağatay'ın bestesini kabul etse de 1930'da Devlet Komisyonu tarafından bu beste değiştirilmiş ve 1922'de marşın müziği yerini Osman Zeki Üngör'ün bestelediği besteye bırakılmıştır.Mehmet Akif'in yarışmayı kazanana gidecek parayı şarta koşulduğu gibi kabul etmediğini ve o parayın Müslüman kadın ve çocukların ihtiyaçlarını karşılamak için "Darul-Masai" adlı kuruluşa verilmesini istediğini bildirmiştir.17 Mart 1921 tarihli "Hakimiyeti-milliya" gazetesinde bu konuda "Akif, İstiklal Marşı ödülünü kadın ve çocuklara bağışlıyor" başlığıyla bir bilgi veriliyor. Bilgiler şöyle:

"Burdur millet vekili, muhterem şair Mehmet Akif, TBMM'de kabul edilen "İstiklal Marşı"nın beş yüz liralık ödülünü nakdi hediye olarak "Darul-Masai"nin ders vermek , fakir müslüman kadın ve çocukları çalıştırıp, sefil hayatlarında onlara yardım etmek amacıyla açtığı hesabına takdim etmiştir.

4. SONUÇ

”İstiklal Marşı” Türkiye'nin o dönemdeki mevcut sosyo-politik durumunu karakterize etmesi, halkta ve orduda moral oluşturması ve ülkenin geleceğine olan güveni göstermesi açısından önemli olmuşdur.

Arkadaş! Yurduma alçaqları uğratma sakın,

Sipər et gövdəni, dursun bu həyasızca axın.

Doğacaqdır sənə vəd etdiyi günlər Haqqın,

Kim bilir, bəlkə yarın, bəlkə yarından da yaxın.

Şiir, Türkiye'nin birçok topraklarının İtilaf güçleri tarafından işgal edildiği ve ülkenin kaderinin Anadolu'da yapılan savaşlarda belirleneceği bir dönemde yazılmıştır. Mehmet Akif böyle bir dönemde halkının zafere olan inancını kaybetmemiş ve yenilgiden kurtulacaklarına dair umut göstermiştir. Aşağıdaki örnekten de anlaşılacağı üzere şairin zafer ümidi o kadar büyüktür ki, zamanda çok da uzağa gitmeyen inançlarında yarından daha yakın bir tarih görebiliriz:

Kim bilir, bəlkə yarın, bəlkə yarından da yaxın.

Dolayısıyla şiirin ilk dörtlüğünün ilk sözcüğü olan "korku", Türk araştırmacıların doğru yorumladığı gibi korku ya da panik anlamına gelmez, sıradan bir tavır ve hitap biçiminde büyük bir güven ve umudun ifadesi anlamına gelir. Şair bu paragrafta, Türk devletinin ve milletinin varlığının simgesi olan Türk bayrağının asla inmeyeceğini göstermiş, düşman ne kadar ileri giderse ilerlesin, son Türk yiğidi de sağ kalıp yaşayacağı durumunda türkün zaferini koruyacak ve düşmanı yok edecekdir.

Qorxma, sönməz bu şəfəqlərdə üzən al sancaq,

Sönmədən yurdumun üstündə tütən ən son ocaq.

O mənim millətimin ulduzudur, parlayacaq,

O mənimdir, o mənim millətimindir ancaq.

"İstiklal Marşı", öncelikle Türklerin Kurtuluş Savaşı'ndaki zaferini vurgulamış ve öne çekmiştir. Bu şiirde bir yanda Türk milletinin hakka, bayrağa, vatana ve dine bağlılığı, hürriyet arzusu, diğer yanda Türk askerinin ve Türk kahramanlarının güç ve kudretleri yüceltilmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Ersoy, Emin .(2011) .Babam Mehmet Akif. İstanbul
2. Ersoy Mehmet ,Akif .(2012) .Kuran Meali .İstanbul
3. Ersoy Mehmet, Akif . (1993) .Safahat .İstanbul
4. Kuntay Mithat ,Cemal .(2012). Mehmet Akif .İstanbul
5. Nihat Sami ,Banarlı . (1998) .Resimli türk edebiyatı tarihi 2cildde ,II cilt .İstanbul

URBANIZATION, HABITAT FRAGMENTATION, AND THE TRANSFORMATION OF ECOLOGICAL CONNECTIVITY

PhD Balakhanova Gumru Vasif

https://orcid.org/0000-0002-1709-1442

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

Abstract

Urbanization is one of the major drivers of habitat transformation, fragmentation, biodiversity decline, and disruption of ecological processes. The present study investigates the effects of habitat fragmentation on ecological connectivity and the structural and functional organization of urban landscapes. An integrated landscape-ecological approach was applied, combining remote sensing, Geographic Information Systems (GIS), field ecological surveys, landscape metrics, habitat-quality assessment, and connectivity analysis. Particular attention was given to habitat patch size, patch density, edge effects, isolation distance, vegetation continuity, anthropogenic barriers, landscape permeability, ecological corridors, and stepping-stone habitats. The results demonstrated that increasing urbanization was associated with a reduction in the size and continuity of natural and semi-natural habitat patches and an increase in their spatial isolation. Dense built-up areas, transportation infrastructure, industrial zones, and extensive impervious surfaces represented major barriers to ecological movement and contributed to the reduction of functional connectivity. Larger and more interconnected habitat patches generally demonstrated greater ecological value and supported higher levels of biodiversity than small and isolated patches. The analysis also indicated that urban green and blue infrastructure, including parks, urban forests, riparian zones, wetlands, gardens, green corridors, and strategically located stepping-stone habitats, can significantly contribute to maintaining ecological connectivity. Fragmentation was associated with increased edge effects and a greater prevalence of disturbance-tolerant and generalist species, potentially contributing to biotic homogenization. The findings demonstrate that ecological connectivity should be considered a fundamental component of sustainable urban landscape planning. Conservation of large habitat patches, restoration of ecological corridors, improvement of landscape permeability, reduction of anthropogenic barriers, and development of interconnected green–blue infrastructure can strengthen urban ecological networks, support biodiversity, and improve ecosystem resilience. An integrated GIS- and field-based assessment of habitat structure and connectivity provides an effective scientific basis for identifying priority areas for conservation, restoration, and sustainable urban development.

Keywords: urban landscape, habitat fragmentation, ecological connectivity, landscape ecology, biodiversity, habitat isolation, ecological corridors, green infrastructure, blue infrastructure, landscape permeability, urbanization, habitat patches, edge effects, remote sensing, ecosystem resilience

Introduction

Urban landscapes represent highly dynamic socio-ecological systems in which natural ecological processes increasingly interact with intensive human activities, infrastructure development, and rapidly changing patterns of land use. The expansion of cities has transformed large areas of natural and semi-natural land into heterogeneous mosaics of buildings, roads, industrial zones, residential areas, transport infrastructure, parks, gardens, water bodies, and remnant natural habitats. Although urbanization can generate important economic and social benefits, the conversion and restructuring of natural landscapes can substantially modify habitat availability, landscape configuration, ecological processes, and biological connectivity. Habitat fragmentation has consequently emerged as one of the major ecological consequences of urban expansion, with important implications for biodiversity conservation, ecosystem functioning, and the long-term sustainability of urban environments. Recent research emphasizes that urban development frequently leaves natural habitats as small and isolated patches embedded within a matrix that is comparatively unsuitable for many organisms.

Habitat fragmentation can be understood as a process through which a continuous or relatively continuous habitat is divided into smaller, spatially separated patches as a consequence of land-use transformation and the development of physical barriers. In urban environments, roads, buildings, parking areas, industrial facilities, railway infrastructure, artificial surfaces, and intensively managed land can interrupt previously continuous ecological systems. Fragmentation therefore involves not only the quantitative loss of habitat area but also qualitative changes in the spatial arrangement, shape, isolation, and functional characteristics of remaining habitat patches. The ecological consequences may be particularly

severe when fragmentation reduces the possibility of movement between populations and interrupts the ecological processes necessary for maintaining viable communities[1].

Ecological connectivity is closely associated with the degree to which landscapes permit the movement of organisms, the exchange of genes, the dispersal of propagules, and the continuation of ecological processes between habitat patches. Contemporary landscape ecology distinguishes between structural and functional connectivity. Structural connectivity refers primarily to the physical arrangement and continuity of suitable habitat, whereas functional connectivity concerns the extent to which organisms are actually able to move through a landscape in accordance with their behavioral, physiological, and ecological requirements. Both dimensions are essential because a landscape may appear physically connected while remaining functionally inaccessible to particular species due to roads, traffic, pollution, artificial lighting, human disturbance, or unsuitable vegetation.

The transformation of ecological connectivity in cities is particularly complex because urban landscapes contain a highly heterogeneous matrix. Unlike many natural landscapes, urban matrices consist of multiple land-cover types with sharply contrasting ecological permeability. A mature urban forest, riparian corridor, community garden, vacant vegetated lot, green roof, roadside verge, or private garden may provide varying degrees of habitat suitability and movement opportunities. Conversely, dense built-up areas and extensive impervious surfaces can function as strong barriers for many organisms. Consequently, the ecological value of an urban landscape cannot be determined solely by the total amount of green space. The spatial arrangement, quality, composition, and connectivity of green and blue spaces are equally important for maintaining ecological processes.

Urban habitat fragmentation can produce a range of ecological effects. The reduction and isolation of habitat patches may decrease population size, restrict dispersal, increase demographic vulnerability, and reduce opportunities for reproduction and recolonization. Small isolated populations are often more susceptible to local extinction because environmental fluctuations, stochastic demographic events, and limited immigration can have disproportionately large effects. Fragmentation may also reduce gene flow among populations, potentially increasing genetic isolation and decreasing adaptive capacity. Over longer periods, these processes may contribute to biodiversity decline and the simplification of urban biological communities.

The effects of fragmentation are not uniform among species. Organisms differ considerably in their mobility, habitat requirements, dispersal strategies, tolerance to human disturbance, and dependence on specific ecological resources. Highly mobile species may cross fragmented landscapes relatively easily, whereas organisms with limited dispersal ability may become effectively isolated even when habitat patches are geographically close. Similarly, generalist species may utilize a broad range of urban habitats, while specialists may depend on particular vegetation structures, soil conditions, water resources, or microclimatic environments. Consequently, urban fragmentation may promote the expansion of disturbance-tolerant generalists while simultaneously reducing the abundance of sensitive specialist species, potentially contributing to biotic homogenization.

Fragmentation also modifies edge effects. When a continuous habitat is divided into smaller patches, the proportion of habitat exposed to its external boundary increases. Habitat edges are often characterized by altered temperature, humidity, light intensity, wind exposure, vegetation structure, predation pressure, and human disturbance. These changes can penetrate into the interior of habitat patches and transform the microenvironment. Small urban green spaces may therefore possess a high edge-to-interior ratio, meaning that their ecological characteristics can differ substantially from those of larger, less fragmented habitats. Such changes can affect plant regeneration, pollinator activity, fungal communities, soil organisms, birds, insects, and other components of urban biodiversity[2].

Transportation infrastructure is particularly important in the fragmentation of urban ecosystems. Roads and railways can divide habitats, restrict movement, increase mortality through wildlife–vehicle collisions, and introduce noise, artificial light, air pollution, and other forms of disturbance. At the same time, transportation corridors may sometimes function as partial movement pathways when their verges contain suitable vegetation. Their ecological role is therefore highly context-dependent and influenced by vegetation management, corridor width, surrounding land use, species-specific dispersal capacity, and the presence of barriers. Recent reviews indicate that transport corridors can provide connectivity benefits for some organisms while simultaneously creating substantial ecological discontinuities for others.

The fragmentation of urban habitats is also closely associated with changes in ecosystem functions and services. Connected green spaces can support pollination, seed dispersal, nutrient cycling, carbon storage, stormwater regulation,

temperature moderation, and biological control. Fragmentation may disrupt these processes by reducing the movement of organisms responsible for ecological functions. For example, the isolation of flowering habitats can affect pollinator movement, while the separation of vegetation patches may restrict seed dispersal and plant colonization. Consequently, changes in ecological connectivity can influence not only biodiversity but also the capacity of urban ecosystems to provide regulating, supporting, and cultural ecosystem services.

Urban green infrastructure has increasingly been recognized as an important strategy for addressing these problems. Green infrastructure refers to interconnected networks of natural and semi-natural areas that are incorporated into urban planning to support ecological processes while providing social and environmental benefits. Parks, urban forests, riparian corridors, wetlands, greenways, community gardens, green roofs, green walls, vegetated drainage systems, and other nature-based features can collectively form an ecological network within the urban matrix. However, the ecological effectiveness of green infrastructure depends strongly on its spatial configuration and connectivity. Recent research emphasizes that simply increasing the quantity of green space does not necessarily maximize biodiversity benefits; strategically locating green infrastructure in areas that reduce existing barriers can produce substantially greater improvements in ecological connectivity.

The concept of ecological networks is therefore becoming increasingly important in urban landscape planning. Ecological networks generally consist of core habitat areas, corridors, stepping stones, and surrounding matrix elements that collectively facilitate movement and ecological interactions. Core areas provide relatively stable habitat resources, while corridors connect otherwise isolated habitat patches. Stepping-stone habitats can be particularly important in densely built environments where continuous corridors are difficult to establish. Small parks, gardens, wetlands, roadside vegetation, and other semi-natural areas can provide temporary or permanent resources that enable organisms to move through otherwise fragmented urban landscapes.

Urban ecological connectivity should also be considered at multiple spatial scales. A green space may provide suitable habitat locally while contributing little to regional connectivity if it is isolated from other suitable areas. Conversely, a relatively small habitat patch can have substantial ecological importance if it occupies a strategic position between larger habitat areas. This scale-dependent nature of connectivity means that urban ecological planning should consider both local habitat quality and landscape-level spatial relationships. Multiscale approaches have consequently become increasingly important for designing green infrastructure networks capable of linking ecological processes across urban areas.

Recent studies demonstrate that ecological connectivity can be assessed using a variety of spatial and quantitative methods. Geographic Information Systems, remote sensing, landscape metrics, graph-theoretical approaches, least-cost path analysis, circuit theory, habitat suitability models, and connectivity indices provide complementary tools for identifying habitat patches, ecological corridors, barriers, and potential movement pathways. Species-specific models can further improve ecological assessment because connectivity is ultimately determined by the interaction between landscape structure and organismal behavior. Recent multispecies approaches emphasize the importance of combining structural and functional indicators when evaluating connectivity changes and biodiversity risks.

Urbanization also interacts with other environmental stressors, making fragmentation an increasingly complex ecological problem. Climate change, urban heat-island effects, air and soil pollution, water scarcity, invasive species, artificial lighting, and human disturbance may intensify the effects of habitat isolation. Fragmented populations may have fewer opportunities to relocate in response to changing climatic conditions because ecological corridors and migration pathways have been disrupted. Maintaining connectivity can therefore contribute not only to present-day biodiversity conservation but also to the adaptive capacity of urban ecosystems under future environmental change[3].

An important dimension of urban connectivity is the relationship between terrestrial and aquatic habitats. Rivers, streams, wetlands, ponds, drainage channels, and riparian vegetation can function as ecological corridors connecting multiple habitat types. The disruption of these connections through channelization, construction, pollution, or land-cover transformation may affect organisms whose life cycles depend on both aquatic and terrestrial environments. Recent connectivity research has consequently expanded beyond conventional green infrastructure to consider integrated green–blue or multi-habitat networks.

The conservation of ecological connectivity is increasingly recognized within international biodiversity policy. The emphasis on maintaining and restoring connectivity reflects the understanding that biodiversity conservation cannot rely exclusively on isolated protected areas. Instead, conservation must also address the spatial relationships among habitats and

the processes that connect populations and ecosystems. Recent scientific assessments similarly highlight the need for practical indicators capable of detecting changes in connectivity and supporting conservation planning.

In this context, urban landscapes should not be viewed merely as areas of biodiversity loss but as dynamic ecological systems in which strategic planning can either intensify or mitigate fragmentation. Properly designed urban green infrastructure can transform isolated habitat patches into components of a functioning ecological network. Recent evidence indicates that targeted placement of relatively small green interventions at strategic barriers can generate disproportionately large improvements in landscape-level connectivity. This finding has important implications for densely developed cities where opportunities for large-scale habitat restoration are limited.

Therefore, the study of habitat fragmentation and changes in ecological connectivity in urban landscapes is essential for understanding the ecological consequences of urban expansion and for developing sustainable urban planning strategies. An integrated assessment of habitat area, patch size, isolation, edge effects, landscape permeability, corridor structure, vegetation quality, and species-specific movement potential can provide a more comprehensive understanding of urban ecological networks. Such an approach is particularly relevant for rapidly developing cities where construction pressure continuously modifies the spatial configuration of remaining natural and semi-natural habitats.

Overall, habitat fragmentation represents not simply a reduction in the amount of natural space but a fundamental transformation of the spatial and functional organization of urban ecosystems. The resulting decline in ecological connectivity can influence population viability, gene flow, species distribution, biodiversity, ecological interactions, and ecosystem services. Conversely, the strategic conservation, restoration, and connection of urban green and blue spaces can strengthen ecological networks, improve biodiversity conservation, enhance ecosystem resilience, and contribute to sustainable urban development. Thus, maintaining ecological connectivity should be considered a central principle of contemporary urban landscape management, particularly in the context of accelerating urbanization and global environmental change.

Materials and Methods

The study was designed to assess the spatial fragmentation of habitats and associated changes in ecological connectivity within urban landscapes. An integrated landscape-ecological approach was applied, combining remote sensing, geographic information systems, field-based ecological observations, landscape metrics, habitat-quality assessment, and statistical analysis. The methodological framework was developed to evaluate both the structural characteristics of urban habitats and their potential functional connectivity, with particular attention to the effects of urbanization, transportation infrastructure, built-up areas, vegetation loss, and the spatial configuration of green and blue spaces.

The study area was divided into representative urban landscape units according to differences in land use, vegetation cover, building density, transportation infrastructure, degree of urbanization, and presence of natural or semi-natural habitats. Sampling units included urban parks, fragmented green spaces, roadside vegetation, residential areas, industrial zones, riparian areas, vacant vegetated sites, and relatively continuous semi-natural habitats. The classification of these units allowed comparisons between areas characterized by low, moderate, and high levels of habitat fragmentation.

Spatial data were obtained from high-resolution satellite imagery and, where available, aerial imagery and digital land-use datasets. Geographic coordinates and relevant spatial information were incorporated into a Geographic Information System environment. Satellite images were processed to distinguish major land-cover categories, including built-up surfaces, vegetation, bare soil, water bodies, roads, and other anthropogenic surfaces. Image preprocessing included geometric correction, atmospheric correction where required, image classification, and verification of classification accuracy using field observations and reference data.

Vegetation cover was assessed using spectral vegetation indices, particularly the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). NDVI was calculated according to the equation:

$$NDVI=\frac{NIR-Red}{NIR+Red}$$

where *NIR* represents near-infrared reflectance and *Red* represents red-band reflectance. Higher NDVI values were interpreted as indicating greater vegetation activity and density, whereas lower values generally corresponded to sparse vegetation or non-vegetated surfaces. Vegetation indices were used together with land-cover classification to characterize the spatial distribution and quality of urban green spaces.

Habitat patches were identified and delineated using GIS-based spatial analysis. A habitat patch was defined as a spatially distinguishable area containing vegetation or other ecological resources potentially suitable for one or more biological groups. For each patch, area, perimeter, shape, edge-to-interior ratio, degree of isolation, and distance to neighboring habitat patches were calculated. These parameters were used to characterize the structural fragmentation of the urban landscape.

Several landscape metrics were calculated to quantify fragmentation and habitat configuration. Patch density was used to determine the number of habitat patches relative to the total landscape area. Mean patch size was calculated to characterize the average spatial extent of habitat fragments. Edge density was used to assess the amount of habitat boundary relative to landscape area, while the landscape shape index was applied to evaluate the complexity of patch geometry. The proportion of the landscape occupied by suitable habitat was also calculated as an indicator of habitat availability.

Habitat isolation was evaluated using Euclidean distance and proximity-based measurements. The distance between individual habitat patches was calculated to determine the spatial separation of potentially suitable habitats. Smaller distances were interpreted as indicating greater structural connectivity, whereas increasing distances indicated stronger isolation. The proximity of patches to larger habitat areas was also considered because larger and better-connected patches may serve as important ecological sources within urban landscapes.

Ecological connectivity was assessed using both structural and functional approaches. Structural connectivity was evaluated from the spatial arrangement, continuity, size, and proximity of habitat patches. Functional connectivity was assessed by considering the permeability of the urban matrix and the potential movement of organisms between habitat patches. Because different organisms have different ecological requirements, connectivity assessments were interpreted in relation to habitat suitability, dispersal capacity, and tolerance to urban barriers.

A resistance-surface approach was used to represent the relative difficulty of movement through different land-cover categories. Natural and semi-natural habitats were assigned relatively low resistance values, whereas dense built-up areas, major roads, industrial zones, and other strongly transformed surfaces were assigned higher resistance values. Intermediate resistance values were assigned to land-cover types that could potentially facilitate movement under certain ecological conditions, such as residential gardens, roadside vegetation, small parks, and low-density urban areas. The resistance surface was subsequently used to identify potential movement pathways and areas of high ecological permeability.

Least-cost path analysis was applied to identify potential corridors connecting important habitat patches. The analysis determined routes through the landscape that minimized cumulative movement resistance between selected ecological source areas. Potential corridors were evaluated according to their length, width, continuity, surrounding land cover, and relationship to major anthropogenic barriers. Areas repeatedly identified as important connections between multiple habitat patches were considered potential ecological corridors or priority connectivity zones.

Where sufficient spatial data were available, circuit-theory-based analysis was additionally considered to identify areas through which movement could potentially occur across multiple alternative pathways. This approach was particularly useful for identifying ecological bottlenecks and pinch points where movement may be concentrated because of the limited availability of suitable alternative routes. Such areas were considered important targets for conservation or ecological restoration.

The quality of habitat patches was evaluated through field surveys. Within representative urban green spaces, vegetation composition, vegetation cover, plant species richness, structural complexity, presence of native and invasive species, and visible signs of disturbance were recorded. The presence of ecological resources such as mature trees, shrubs, herbaceous vegetation, water features, dead wood, and natural soil surfaces was also documented. These observations were used to distinguish between green spaces that were merely vegetated and those that provided relatively high ecological value.

Anthropogenic barriers were mapped and quantified using GIS and field observations. Roads, railways, buildings, walls, industrial infrastructure, large parking areas, heavily compacted surfaces, and other discontinuities were identified as potential barriers to ecological movement. Barrier density was calculated for different landscape units, while the distance between habitat patches and major barriers was used to evaluate the degree of landscape permeability. Special attention was given to major transportation corridors because of their potential effects on animal movement, habitat continuity, noise, artificial lighting, and mortality risks.

The ecological connectivity of green and blue infrastructure was also examined. Parks, urban forests, gardens, wetlands, rivers, streams, ponds, and riparian vegetation were considered as potential components of an urban ecological network. The spatial relationships between these elements were analyzed to determine whether they formed continuous corridors, stepping-stone networks, or isolated habitat patches. Particular attention was given to riparian corridors because they may connect multiple habitat types and provide movement pathways for a wide range of organisms.

An integrated fragmentation index was developed by combining standardized indicators of habitat loss, patch isolation, edge density, patch size, barrier density, and landscape connectivity. Indicators associated with greater fragmentation were standardized in the same direction, allowing the development of a comparative fragmentation gradient. Higher index values represented stronger fragmentation and lower ecological continuity, whereas lower values indicated relatively continuous and interconnected habitat structures.

Similarly, an ecological connectivity index was calculated using standardized measures of habitat proximity, corridor continuity, patch connectivity, landscape permeability, and the availability of stepping-stone habitats. The index was used to classify urban areas according to low, moderate, and high connectivity. The relationship between fragmentation and connectivity was then evaluated to determine whether increasing habitat isolation corresponded to measurable reductions in landscape connectivity.

Biodiversity data were incorporated where field surveys were available. Plant species richness, relative abundance, and community composition were recorded in representative habitat patches. Shannon–Wiener and Simpson diversity indices were calculated to compare biological diversity between highly fragmented and relatively connected areas. The relationship between habitat patch characteristics and biological diversity was examined to determine whether larger and better-connected habitats supported greater species richness and community complexity.

Statistical analysis was conducted using standard statistical software, including PAST and SPSS, while GIS-based analyses were performed using appropriate spatial analysis software. Descriptive statistics were calculated for patch size, patch density, edge density, isolation distance, vegetation cover, barrier density, and connectivity indicators. Correlation analysis was used to investigate relationships between fragmentation variables and biodiversity indicators. Regression analysis was applied where appropriate to determine the influence of habitat area, isolation, edge effects, and connectivity on biological characteristics.

Principal Component Analysis was used to identify the major spatial and environmental variables responsible for differences among urban landscape units. Cluster analysis was applied to group areas according to similarities in habitat configuration, fragmentation intensity, vegetation characteristics, and ecological connectivity. Where appropriate, spatial autocorrelation was evaluated to determine whether ecological connectivity and fragmentation patterns demonstrated significant spatial clustering.

The accuracy of the land-cover classification and spatial analyses was evaluated using independent reference points and field observations. Classification accuracy was assessed through an error matrix and overall accuracy measures. Field verification was conducted to confirm the presence and characteristics of identified habitat patches, vegetation corridors, and anthropogenic barriers. Repeated measurements and standardized spatial criteria were applied to ensure consistency among landscape units.

The methodological framework allowed habitat fragmentation to be assessed not simply as a reduction in habitat area but as a multidimensional process involving habitat loss, patch isolation, increased edge effects, landscape resistance, barrier formation, and disruption of ecological pathways. By integrating remote sensing, GIS, field ecology, landscape metrics, and connectivity modelling, the study provided a comprehensive basis for evaluating changes in ecological connectivity and identifying priority areas for habitat conservation, ecological corridor development, restoration, and sustainable urban landscape planning.

Results and Discussion

The results of the study demonstrated that urbanization substantially alters the spatial organization of natural and semi-natural habitats and produces measurable changes in ecological connectivity. The analysis of land-cover patterns, habitat configuration, vegetation distribution, anthropogenic barriers, and landscape metrics revealed a clear relationship between the intensity of urban development and the degree of habitat fragmentation. Areas characterized by dense construction, extensive road networks, industrial infrastructure, and a high proportion of impervious surfaces generally

contained smaller and more isolated habitat patches, whereas areas with greater vegetation cover and continuous green spaces demonstrated higher levels of ecological connectivity. These findings indicate that the ecological structure of urban landscapes is strongly determined not only by the total amount of green space but also by its spatial configuration and functional relationship with surrounding habitats.

The spatial analysis showed that continuous natural or semi-natural habitats were frequently replaced by smaller fragmented patches embedded within a highly heterogeneous urban matrix. The reduction in mean patch size was accompanied by an increase in patch density and edge density in strongly urbanized areas. Although a higher number of patches might initially appear to indicate greater availability of green space, the ecological significance of these patches depends strongly on their size, quality, isolation, and position within the wider landscape. Numerous small and isolated green areas may provide limited habitat value when compared with fewer but larger and interconnected patches. This pattern suggests that urban green-space planning should not focus exclusively on increasing the total area of vegetation but should also consider the spatial arrangement and connectivity of individual habitat units.

Habitat isolation emerged as one of the most important indicators of fragmentation. Increasing distances between suitable habitat patches were associated with lower structural connectivity and greater potential difficulty for organism movement. The effects of isolation are expected to be particularly pronounced for species with limited dispersal ability or strong habitat specialization. Small mammals, amphibians, terrestrial invertebrates, soil organisms, and some plant species may experience substantial ecological barriers even when geographically separated habitat patches are relatively close. In contrast, highly mobile organisms may cross certain urban barriers more easily. Therefore, the ecological consequences of fragmentation are species-specific and depend on movement capacity, habitat requirements, and tolerance to human disturbance[4].

The analysis of vegetation distribution demonstrated that areas with greater and more continuous vegetation cover generally provided better conditions for maintaining ecological connectivity. Higher NDVI values were typically associated with larger and more functionally connected green spaces, while densely built-up areas were characterized by lower vegetation indices and greater fragmentation. However, vegetation quantity alone did not fully explain connectivity patterns. Some areas with relatively high vegetation cover remained functionally isolated because of surrounding roads, buildings, walls, or other barriers. This finding emphasizes the distinction between structural and functional connectivity and demonstrates that the presence of vegetation does not automatically guarantee ecological movement.

The spatial configuration of habitat patches strongly influenced their potential ecological role. Large patches with relatively compact shapes and extensive interior habitat were generally more suitable for maintaining ecological processes than small irregular patches with a high proportion of edge habitat. Increased edge density was associated with greater exposure to urban environmental conditions, including elevated temperature, artificial lighting, noise, air pollution, human activity, and changes in humidity. These edge effects may modify the ecological characteristics of fragmented habitats and reduce their suitability for species dependent on relatively stable interior conditions.

Transportation infrastructure represented one of the most important sources of habitat discontinuity. Major roads and heavily trafficked corridors frequently divided otherwise suitable green areas into isolated units. In addition to acting as physical barriers, roads can generate noise, artificial lighting, air pollution, and wildlife mortality. Their ecological influence therefore extends beyond their physical width. Smaller roads and low-traffic pathways may sometimes be permeable to particular species, whereas major highways and multilane transport corridors may represent almost complete barriers for less mobile organisms. The results indicate that the ecological significance of roads should therefore be evaluated according to their intensity, structure, surrounding vegetation, and species-specific permeability rather than treating all transport infrastructure as an identical barrier.

The identification of potential least-cost pathways demonstrated that ecological corridors could connect several otherwise isolated habitat patches. Areas containing continuous vegetation, riparian habitats, linear parks, roadside green belts, and interconnected gardens frequently represented lower-resistance movement pathways than densely built-up areas. These corridors can facilitate dispersal, gene flow, recolonization, and seasonal movement. However, corridor effectiveness depends strongly on habitat quality, width, continuity, and the presence of interruptions. A narrow or heavily disturbed corridor may provide substantially less ecological benefit than a wider and structurally complex corridor containing native vegetation and suitable shelter.

The analysis also demonstrated the ecological importance of stepping-stone habitats. Small parks, gardens, vegetated vacant areas, isolated trees, wetlands, and other green spaces can serve as intermediate points between larger habitat patches. Although individual stepping-stone habitats may have limited capacity to support complete ecological communities, their strategic position can substantially improve landscape permeability. This is particularly important in densely developed urban environments where the restoration of continuous corridors may be technically or economically difficult. Maintaining a network of strategically located small habitats may therefore provide an effective complementary strategy for improving connectivity.

The relationship between habitat connectivity and biodiversity was also evident. Larger and better-connected habitat patches generally supported greater species richness and more complex biological communities than highly isolated patches. Greater connectivity can facilitate immigration, recolonization, gene flow, and access to spatially distributed resources. Conversely, isolated populations are more vulnerable to local extinction because they receive fewer immigrants and have fewer opportunities for recolonization following disturbance. The results therefore support the hypothesis that landscape connectivity is an important determinant of urban biodiversity conservation[5].

Fragmentation also appeared to influence community composition rather than merely total species richness. Highly fragmented urban habitats tended to favor generalist and disturbance-tolerant organisms, whereas larger and more connected habitats were more capable of supporting species with specialized habitat requirements. This pattern can contribute to biotic homogenization, in which biologically distinct urban areas become increasingly similar because the same group of generalist species dominates across different locations. Such homogenization may reduce regional biodiversity and weaken ecological differentiation among urban habitat patches.

The analysis of green and blue infrastructure demonstrated that water bodies and riparian vegetation can play an important role in maintaining ecological connectivity. Rivers, streams, wetlands, and vegetated drainage corridors can connect multiple habitat types and provide movement pathways for organisms. However, channelization, bank modification, pollution, construction, and discontinuous riparian vegetation can significantly reduce their ecological effectiveness. The results indicate that restoration of riparian vegetation and the maintenance of continuous green–blue corridors may substantially improve connectivity within urban landscapes.

The integrated fragmentation index revealed clear differences among urban landscape units. Areas with high building density, extensive impervious surfaces, numerous transportation barriers, small habitat patches, and high patch isolation exhibited the highest levels of fragmentation. In contrast, areas containing urban forests, large parks, riparian vegetation, connected gardens, and relatively continuous semi-natural habitats demonstrated lower fragmentation and higher ecological connectivity. The negative relationship between fragmentation and connectivity indicates that increasing habitat isolation and barrier density progressively reduce the permeability of the urban landscape.

The statistical analysis further supported these observations. Habitat patch size, isolation distance, edge density, vegetation cover, and barrier density were among the variables most strongly associated with ecological connectivity. Larger patch size and greater vegetation continuity were generally positively related to connectivity, whereas increasing isolation and barrier density were negatively related to connectivity. Biodiversity indicators also tended to show positive associations with habitat size and connectivity. These relationships demonstrate that landscape structure can serve as an important predictor of ecological condition in urban environments[6].

The results have important implications for urban ecological planning. Maintaining several isolated green spaces may provide some ecological benefits, but the creation of interconnected networks is likely to produce greater long-term benefits for biodiversity and ecosystem functioning. Urban planning should therefore prioritize the protection of existing large habitat patches while simultaneously strengthening connections between smaller green spaces. Ecological corridors should be incorporated into transportation and residential planning at an early stage rather than being considered only after fragmentation has already occurred.

The findings also emphasize the importance of restoring connectivity in areas where natural habitat networks have already been disrupted. Restoration can include the establishment of vegetated corridors, rehabilitation of riparian zones, creation of wildlife crossings, planting of native vegetation along roads, development of connected park systems, and integration of green roofs and other small-scale habitats into wider ecological networks. The strategic placement of such interventions can increase landscape permeability even where complete restoration of continuous natural habitat is impossible.

From an ecological perspective, habitat connectivity contributes to ecosystem resilience by facilitating species movement and allowing populations to respond to environmental change. This function is particularly important under climate change, when organisms may need to shift their distribution in response to increasing temperature, altered precipitation, extreme events, and changes in resource availability. Fragmented urban landscapes can restrict such movement and consequently increase the vulnerability of populations to climate-related stress. Maintaining ecological corridors can therefore contribute simultaneously to biodiversity conservation and climate adaptation.

Overall, the results demonstrate that urban habitat fragmentation is a multidimensional process involving habitat loss, reduction in patch size, increased isolation, stronger edge effects, formation of physical barriers, and disruption of ecological movement pathways. The decline in ecological connectivity is consequently not determined by a single landscape variable but by the interaction of habitat quality, spatial configuration, matrix permeability, and anthropogenic disturbance. The results support the use of integrated GIS, remote sensing, field ecological surveys, landscape metrics, and connectivity modelling for identifying areas of ecological importance and evaluating urban landscape transformation.

In general, the findings confirm that ecological connectivity should be regarded as a fundamental component of sustainable urban landscape management. Protecting large habitat patches, reducing unnecessary fragmentation, restoring ecological corridors, maintaining stepping-stone habitats, improving green–blue infrastructure, and reducing the barrier effects of transport networks can collectively strengthen urban ecological networks. Such measures can support biodiversity, improve ecosystem functioning, increase ecological resilience, and contribute to the development of urban environments that are more sustainable and adaptable to future environmental change.

Conclusion

The study demonstrated that urbanization and associated land-use transformations substantially alter the spatial structure, ecological quality, and connectivity of habitats. The expansion of built-up areas, development of transportation infrastructure, reduction of vegetation cover, and conversion of natural and semi-natural habitats into isolated patches contribute to increasing habitat fragmentation and decreasing ecological connectivity. These processes affect not only the spatial distribution of habitats but also the movement of organisms, gene flow, species dispersal, recolonization, and the maintenance of ecological interactions.

The results showed that habitat patch size, isolation, edge density, vegetation continuity, and anthropogenic barrier density are important determinants of ecological connectivity in urban landscapes. Larger and better-connected habitat patches generally provide more favorable conditions for maintaining biodiversity and ecological processes, whereas small and isolated patches are more vulnerable to edge effects, environmental disturbance, and local species loss. Increasing fragmentation also favors disturbance-tolerant and generalist species, potentially contributing to the homogenization of urban biological communities and the decline of habitat specialists.

Transportation infrastructure was identified as a particularly important factor contributing to habitat discontinuity. Roads, railways, and other linear structures can act as physical and functional barriers while simultaneously generating noise, artificial lighting, pollution, and direct mortality risks. Consequently, the ecological impact of infrastructure extends beyond its physical footprint and may significantly reduce the permeability of the urban landscape.

The study further demonstrated that urban green and blue spaces can play an essential role in maintaining ecological connectivity. Urban forests, parks, gardens, riparian zones, wetlands, vegetated corridors, and strategically located stepping-stone habitats can connect otherwise isolated habitat patches and facilitate the movement of organisms. Their ecological effectiveness, however, depends on spatial continuity, habitat quality, vegetation structure, and the degree of surrounding anthropogenic disturbance.

The findings emphasize that urban biodiversity conservation should move beyond the simple preservation of individual green spaces and adopt a landscape-network perspective. The conservation of large habitat patches should be complemented by the establishment and restoration of ecological corridors, improvement of landscape permeability, protection of stepping-stone habitats, and reduction of major anthropogenic barriers. GIS, remote sensing, landscape metrics, and connectivity modelling provide effective tools for identifying priority areas and supporting evidence-based urban ecological planning.

Maintaining ecological connectivity is particularly important under conditions of climate change because connected landscapes can facilitate species movement and improve the ability of populations to respond to changing environmental

conditions. Strengthening ecological networks can therefore simultaneously contribute to biodiversity conservation, ecosystem resilience, climate adaptation, and the provision of urban ecosystem services.

Overall, habitat fragmentation represents one of the principal ecological challenges associated with urban development. Its effects can be reduced through integrated planning that combines habitat conservation, ecological restoration, green–blue infrastructure, sustainable transportation design, and long-term biodiversity monitoring. Ensuring functional ecological connectivity should consequently be considered a fundamental principle of sustainable urban landscape management and an essential component of resilient cities capable of supporting biodiversity and ecological processes under future environmental change.

References

1. Anderson, C., Travis, J. M. J., Palmer, S. C. F., Crick, H. Q. P., & Lancaster, L. T. (2022). Getting lost in the matrix? On how the characteristics and arrangement of linear landscape elements influence ecological connectivity. *Landscape Ecology, 37*, 2503–2517.

2. Hong, W., Liang, M., Guo, R., Ma, T., Li, Y., & Wang, W. (2024). Diagnosis of the fragmentation of urban ecological network structure and its social-ecological responses. *Ecological Applications*.

3. Li, H., Chen, H., Wu, M., Zhou, K., Zhang, X., & Liu, Z. (2022). A dynamic evaluation method of urban ecological networks combining Graphab and the FLUS model. *Land, 11*(12), 2297.

4. Shen, J., Zhu, W., Peng, Z., & Wang, Y. (2023). Improving landscape ecological network connectivity in urbanizing areas from dual dimensions of structure and function. *Ecological Modelling, 482*, 110404.

5. Wu, Z., & Qian, Y. (2022). An integration method to predict the impact of urban land use change on green space connectivity under different development scenarios using a case study of Nanjing, China. *Environmental Science and Pollution Research, 29*, 85243–85256.

6. Xu, T., Nie, W., Wang, Z., Yang, G., Zhang, Y., & Xu, B. (2024). Research on the coupled mechanism of landscape connectivity simulation by integrating multi-level ecological security patterns and multi-scenario simulation: A case study of the main urban area of Hangzhou. *Land Degradation & Development, 35*(8), 2716–2737.

7. Zeller, K. A., Compton, B. W., Finn, S. P., et al. (2024). Measuring ecological connectivity with ecological distance and dynamic resistant kernels. *Landscape Ecology, 39*, 95.

ECOLOGICAL STRESS FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON ECOSYSTEM SUSTAINABILITY

PhD Balakhanova Gumru Vasif

https://orcid.org/0000-0002-1709-1442

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

Abstract

Ecological stress factors represent one of the major challenges to the stability, resilience, and long-term sustainability of natural and anthropogenically transformed ecosystems. The present study investigates the influence of climatic, edaphic, hydrological, chemical, biological, and anthropogenic stress factors on ecosystem structure, biodiversity, ecological functioning, and resilience. An integrated methodological approach was applied, combining field observations, physicochemical analyses, vegetation assessment, microbiological investigations, biodiversity indices, and statistical analysis. Particular attention was given to changes in species richness, community composition, evenness, microbial abundance, soil properties, and indicators of anthropogenic disturbance along an ecological stress gradient. The results indicate that increasing environmental stress is generally associated with reduced species richness and community evenness, increased dominance of stress-tolerant organisms, changes in vegetation structure, and disruption of microbial and fungal community organization. Soil moisture, organic matter, electrical conductivity, temperature, pollution intensity, and habitat disturbance were identified as important factors influencing ecosystem condition. The combined effects of multiple stressors were found to be particularly significant, as climatic and anthropogenic pressures may interact synergistically and accelerate ecological degradation. Higher biodiversity and more favorable environmental conditions were associated with greater ecosystem resistance and resilience, whereas chronic and cumulative stress reduced the capacity of ecosystems to recover from disturbance. The findings emphasize the importance of integrated ecological monitoring based on physicochemical, biological, microbiological, and biodiversity indicators. Sustainable ecosystem management should focus on reducing cumulative anthropogenic pressures, conserving biodiversity, improving soil and water quality, maintaining ecological connectivity, and restoring degraded habitats. The study provides a scientific basis for assessing ecological vulnerability and developing strategies aimed at maintaining ecosystem stability, resilience, and long-term sustainability.

Keywords: ecological stress, ecosystem sustainability, ecosystem resilience, ecosystem stability, biodiversity, anthropogenic pressure, climate stress, soil degradation, environmental pollution, microbial communities, fungal diversity, ecosystem functioning

Introduction

Ecosystems are complex, dynamic and self-regulating ecological systems in which organisms interact continuously with one another and with the physical, chemical and biological components of their environment. Their long-term persistence depends on the maintenance of ecological processes, including energy flow, nutrient cycling, primary production, decomposition, trophic interactions, population regulation and biological reproduction. The capacity of an ecosystem to maintain its structure, functions and essential ecological services despite environmental disturbances is commonly associated with ecosystem stability, resilience and sustainability. However, the increasing intensity and frequency of environmental disturbances have substantially altered the conditions under which natural and anthropogenically modified ecosystems operate. Ecological stress factors have therefore become one of the major determinants of biodiversity dynamics, ecosystem functioning and long-term ecological sustainability.

Ecological stress can be defined as a condition in which environmental factors exceed the optimal tolerance range of organisms or ecological communities and consequently interfere with physiological performance, growth, reproduction, survival or interactions among species. Stress may originate from natural processes, such as droughts, floods, extreme temperatures, wildfires, storms and natural fluctuations in resource availability, or from anthropogenic activities, including environmental pollution, habitat fragmentation, deforestation, intensive agriculture, urbanization, industrial development, overexploitation of natural resources and climate change. Although ecosystems possess different levels of tolerance and adaptive capacity, prolonged or repeated exposure to multiple stressors can progressively reduce their ability to absorb disturbances and recover from ecological degradation[1].

The effects of ecological stress are particularly significant because ecosystems rarely experience stressors in isolation. Contemporary ecosystems are increasingly exposed to combinations of climatic, chemical, physical and biological pressures. For example, elevated temperature may occur simultaneously with water scarcity, soil degradation and increased pollution, while urban ecosystems may experience habitat fragmentation, air pollution, soil compaction, altered hydrological regimes and biological invasions at the same time. Such interacting stressors can produce additive, synergistic or antagonistic effects, making their ecological consequences considerably more complex than those of individual stress factors. Consequently, understanding ecosystem responses requires an integrated assessment of multiple environmental pressures and their interactions across spatial and temporal scales.

Climate-related stress represents one of the most important large-scale pressures affecting ecosystem sustainability. Rising temperatures, changing precipitation regimes, prolonged droughts, heat waves, extreme weather events and shifts in seasonal cycles can modify species distributions, phenology, productivity and community composition. Temperature and water availability directly influence physiological processes and indirectly affect trophic relationships, nutrient cycling and competitive interactions. Ecosystems that are exposed to recurrent climatic extremes may gradually lose sensitive species and become dominated by organisms with broader ecological niches or greater stress tolerance. Such changes can alter community structure and functional diversity, potentially reducing the capacity of ecosystems to maintain ecological functions under future disturbances.

Water-related stress is another critical factor influencing ecosystem stability, particularly in arid and semi-arid regions. Water scarcity can reduce primary productivity, inhibit plant growth, alter microbial activity and disrupt nutrient cycling. In aquatic ecosystems, changes in water temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrient concentration and hydrological connectivity may profoundly affect aquatic communities. Excessive water withdrawal, eutrophication and contamination further intensify ecological stress. The deterioration of freshwater availability therefore represents not only a direct threat to aquatic biodiversity but also an important constraint on the sustainability of terrestrial ecosystems dependent on freshwater resources.

Soil-related stress factors have equally important consequences for ecosystem functioning. Soil degradation caused by erosion, salinization, compaction, contamination, loss of organic matter and reduction in microbial activity can disrupt the fundamental processes supporting terrestrial productivity. Soil microorganisms, including bacteria and fungi, are particularly sensitive indicators of environmental change because they respond rapidly to variations in moisture, nutrient availability, pH, organic matter and contaminants. Alterations in soil microbial communities may consequently influence decomposition, mineralization, carbon sequestration and nutrient availability. In this context, changes in soil biological properties can serve as early indicators of ecosystem stress before visible changes become apparent at the level of vegetation or landscape structure.

Pollution constitutes another major anthropogenic stress factor. Industrial emissions, heavy metals, petroleum hydrocarbons, pesticides, excessive nutrients, plastics and other contaminants can enter soils, surface waters and atmospheric systems. Pollutants may directly inhibit physiological processes or accumulate within organisms and food webs, resulting in chronic ecological effects. Heavy metals, for instance, can interfere with enzymatic processes and microbial metabolism, whereas pesticides may affect non-target organisms and modify community interactions. Persistent pollutants can therefore contribute to biodiversity decline, functional impairment and long-term ecosystem degradation. The ecological consequences are especially pronounced when pollution interacts with other stressors such as elevated temperature, drought or habitat disturbance.

Habitat fragmentation and land-use change further contribute to ecosystem stress by altering the spatial configuration and connectivity of ecological communities. Conversion of natural habitats into agricultural, industrial and urban landscapes reduces available habitat and may isolate populations, restrict gene flow and modify species interactions. Fragmented ecosystems often contain smaller and more isolated populations that are more vulnerable to demographic fluctuations and environmental disturbances. At the landscape level, fragmentation may also disrupt ecological corridors, reduce functional connectivity and limit the capacity of organisms to migrate in response to changing environmental conditions. These processes can gradually weaken ecosystem resilience and increase the probability of local or regional biodiversity loss[2].

Biological stressors, including invasive alien species, emerging pathogens and changes in predator–prey relationships, can further influence ecosystem sustainability. Invasive species may compete with native organisms for resources, alter habitat structure, modify nutrient cycles and introduce new ecological interactions. Similarly, pathogen emergence can become more pronounced under environmental conditions that weaken host resistance or facilitate pathogen transmission.

Climate change and anthropogenic disturbance may amplify these biological pressures by creating favorable conditions for the establishment and spread of opportunistic species and pathogens.

One of the central ecological consequences of increasing stress is the reduction of biodiversity. Biodiversity encompasses genetic, species and ecosystem-level variation and contributes substantially to ecological stability through functional complementarity, resource partitioning and ecological redundancy. Diverse communities often contain multiple species capable of performing similar ecological functions, which can provide a degree of insurance against environmental disturbances. When stress factors selectively eliminate sensitive species, functional redundancy may decline, leaving ecosystems increasingly dependent on a smaller number of tolerant species. Such simplification may reduce the capacity of ecosystems to respond effectively to novel or intensified disturbances.

Ecosystem resilience is therefore a critical concept in evaluating the consequences of ecological stress. Resilience refers broadly to the capacity of an ecological system to absorb disturbance while retaining its fundamental structure, functions and feedback mechanisms, and, where appropriate, to reorganize in response to changing environmental conditions. Resilience is influenced by biodiversity, functional diversity, ecological connectivity, resource availability, genetic variability and the strength of ecological interactions. Ecosystems with high resilience can often recover following disturbances, whereas ecosystems subjected to chronic or cumulative stress may cross ecological thresholds beyond which recovery becomes slow, incomplete or difficult to achieve.

The relationship between ecological stress and ecosystem sustainability is consequently nonlinear and highly context-dependent. Moderate disturbances may sometimes stimulate adaptation, ecological succession and species turnover, whereas persistent or severe disturbances can exceed the adaptive capacity of ecological communities. This distinction is particularly important because the same stress factor may produce different outcomes depending on ecosystem type, disturbance history, environmental conditions and the functional characteristics of resident species. An ecosystem that has developed under naturally variable environmental conditions may demonstrate greater tolerance to certain disturbances than an ecosystem exposed to relatively stable conditions but suddenly subjected to intense anthropogenic pressure.

The assessment of ecosystem responses to ecological stress increasingly relies on quantitative ecological indicators. Species richness, abundance, diversity indices, functional diversity, community evenness, biomass, primary productivity, soil microbial activity, nutrient cycling rates and physicochemical parameters can provide complementary information about ecosystem condition. Indices such as the Shannon–Wiener diversity index and Simpson's diversity or dominance index are frequently used to characterize changes in community structure. However, structural indicators alone may not fully reveal changes in ecosystem functioning. Integrating biological, physicochemical and functional indicators can therefore provide a more comprehensive assessment of ecological sustainability and early-warning signals of ecosystem degradation.

Microorganisms are particularly valuable in this context because they respond rapidly to environmental changes and occupy central positions in biogeochemical cycles. Changes in microbial abundance, community composition and functional activity can reflect alterations in soil quality, organic matter decomposition, nutrient transformation and contaminant exposure. Fungal communities, including micromycetes, are especially important because of their roles in decomposition, nutrient mobilization, soil aggregation and interactions with plants. Consequently, shifts in fungal community structure may provide sensitive biological evidence of ecological stress and ecosystem transformation[3].

From an ecosystem-management perspective, identifying the mechanisms through which stress factors affect ecological stability is essential for developing effective conservation and restoration strategies. Reducing pollutant loads, protecting habitat connectivity, maintaining biodiversity, improving soil quality, conserving water resources and strengthening ecological monitoring can increase ecosystem resistance and resilience. Nature-based solutions and ecosystem restoration can further support the recovery of degraded ecological systems by restoring habitat structure, ecological interactions and natural biogeochemical processes.

Therefore, the study of ecological stress factors and their effects on ecosystem sustainability represents an interdisciplinary research field linking ecology, environmental science, microbiology, climate science, conservation biology and ecosystem management. A comprehensive understanding of stress responses requires consideration of both individual stressors and their cumulative effects, as well as the interactions between biodiversity, ecosystem functioning and resilience. Evaluating these relationships is particularly important under contemporary conditions of rapid environmental change, when natural ecosystems are increasingly subjected to simultaneous climatic and anthropogenic pressures. The systematic identification and quantitative assessment of ecological stress factors can provide an essential scientific basis for predicting

ecosystem responses, identifying vulnerable ecological components and developing strategies aimed at maintaining biodiversity, ecological functionality and long-term ecosystem sustainability.

Materials and Methods

The study was conducted using an integrated ecological approach designed to evaluate the influence of environmental stress factors on ecosystem structure, biodiversity, ecological functioning, resistance, resilience, and long-term sustainability. The methodological framework was based on the comparative assessment of ecosystems exposed to different levels of natural and anthropogenic pressure. Natural, semi-natural, and anthropogenically transformed ecosystems were considered in order to establish an environmental stress gradient and determine how increasing disturbance intensity affects biological communities and ecosystem processes. Particular attention was given to climatic, edaphic, hydrological, chemical, and anthropogenic stress factors because these factors frequently interact and produce cumulative effects on ecosystem stability.

Field investigations were carried out at sampling sites representing different ecological conditions. The sites were selected according to differences in vegetation structure, land-use intensity, degree of urbanization, proximity to industrial and transport infrastructure, agricultural pressure, habitat fragmentation, soil condition, and visible evidence of environmental degradation. At each sampling site, geographic coordinates and general environmental characteristics were recorded. The sampling design was based on a stratified approach, which ensured that ecosystems with different levels of disturbance were adequately represented. Sampling was performed during comparable seasonal periods in order to minimize the influence of temporal variation on the comparison of ecological indicators.

The assessment of climatic stress included measurements and observations of air temperature, precipitation characteristics, moisture availability, occurrence of drought periods, and the presence of extreme environmental conditions. Climatic information was considered together with field observations in order to determine the potential influence of temperature and water availability on biological communities. Where appropriate, seasonal variability was also considered because changes in temperature and precipitation can strongly affect plant productivity, microbial activity, decomposition processes, and species distribution.

Soil samples were collected from the upper soil layer using sterile sampling instruments. Several subsamples were collected from each sampling area and combined to obtain representative samples for laboratory analysis. Samples were placed in sterile, appropriately labeled containers and transported to the laboratory under suitable conditions. Soil physicochemical properties were determined by measuring pH, moisture content, electrical conductivity, organic matter content, and selected nutrient characteristics. These parameters were selected because they provide important information about soil fertility, salinity, moisture availability, and the general ecological condition of terrestrial ecosystems.

Water-related environmental stress was evaluated where aquatic or water-dependent ecosystems were included in the study. Water temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, turbidity, and nutrient concentrations were considered as indicators of aquatic environmental quality. These parameters were analyzed in relation to biological characteristics in order to determine whether changes in physicochemical conditions were associated with changes in ecosystem structure and biological diversity.

Anthropogenic pressure was assessed through a combination of field observations and environmental indicators. Land-use intensity, vegetation removal, habitat fragmentation, soil compaction, waste accumulation, proximity to roads and industrial areas, agricultural activity, and other forms of human disturbance were recorded for each sampling site. These variables were converted into standardized scores to facilitate comparison among ecosystems. An integrated anthropogenic pressure gradient was subsequently established, with lower scores representing relatively undisturbed conditions and higher scores indicating increasing levels of human-induced environmental stress.

The biological assessment focused primarily on vegetation and soil microbial communities because these components provide sensitive information about ecosystem condition. Vegetation surveys were conducted within standardized sampling plots, where species composition, species richness, relative abundance, vegetation cover, and the occurrence of disturbance-tolerant or invasive species were recorded. The structure of plant communities was compared among ecosystems exposed to different levels of environmental stress. Particular attention was given to changes in the relative abundance of sensitive and stress-tolerant species because such changes may provide evidence of ecological filtering caused by environmental disturbance.

Microbiological analyses were performed to evaluate the response of soil microorganisms to environmental stress. Soil samples were processed using standard microbiological cultivation techniques. For fungal analysis, Potato Dextrose Agar, Sabouraud agar, and Czapek–Dox agar were used as appropriate culture media. Serial dilution techniques were applied to estimate the abundance of cultivable microorganisms. Following inoculation, culture plates were incubated under controlled laboratory conditions, after which colony-forming units were counted and expressed as CFU per gram of soil. Representative fungal colonies were selected for identification according to their macroscopic and microscopic morphological characteristics. Colony color, texture, growth rate, sporulation pattern, hyphal structure, conidial characteristics, and other diagnostic features were considered during identification. Genera such as *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, and *Trichoderma* were identified where applicable. Molecular identification methods could additionally be used for isolates requiring taxonomic confirmation[4].

Biodiversity was evaluated using species richness, relative abundance, dominance, evenness, and diversity indices. Species richness was calculated as the total number of species recorded at each sampling site. Relative abundance was calculated by determining the proportion of each taxon in relation to the total abundance of the community. The Shannon–Wiener diversity index was calculated using the equation (H'=-\sum p_i\ln p_i), where (p_i) represents the relative abundance of species (i). Simpson's dominance index was calculated as (D=\sum p_i^2), allowing the degree of dominance within biological communities to be evaluated. Community evenness was estimated using (J=H'/\ln S), where (S) represents species richness. These indices were used to compare the structural complexity of biological communities along the ecological stress gradient.

The sustainability of ecosystems was assessed by integrating structural, biological, and physicochemical indicators. Species richness, biodiversity indices, microbial abundance, vegetation condition, soil organic matter, moisture, electrical conductivity, and selected environmental quality parameters were considered as components of ecosystem condition. Ecosystem resistance was evaluated according to the capacity of biological and physicochemical indicators to remain relatively stable under environmental pressure, while resilience was considered in terms of the capacity of ecological communities and ecosystem functions to recover following disturbance. Where temporal data were available, changes in ecological indicators before and after periods of environmental stress were used to characterize recovery dynamics.

To obtain a more comprehensive assessment, individual environmental indicators were standardized and combined into an integrated ecosystem sustainability assessment. Variables positively associated with ecosystem condition, such as biodiversity, vegetation cover, soil organic matter, and microbial activity, were assigned positive ecological significance. Stress-related variables, including pollution intensity, excessive salinity, habitat disturbance, and other degradation indicators, were transformed so that higher standardized values represented greater ecological pressure. This approach enabled ecosystems with different environmental characteristics to be compared within a common analytical framework.

The relationships between ecological stress factors and ecosystem responses were examined using correlation and regression analyses. Pearson correlation coefficients were applied to normally distributed variables, whereas Spearman rank correlation was used when the assumptions of parametric analysis were not satisfied. Relationships between environmental variables and biodiversity indices, microbial abundance, species richness, and ecosystem sustainability indicators were investigated. Multiple regression analysis was used to determine the relative contribution of individual stress factors to variation in ecosystem condition and sustainability.

Because ecological stress generally results from the simultaneous influence of several environmental variables, multivariate statistical methods were also applied. Principal Component Analysis was used to identify the major environmental gradients responsible for differences among sampling sites and to determine which stress factors contributed most strongly to ecosystem differentiation. Cluster analysis was used to group sampling sites according to similarities in their physicochemical characteristics, biological communities, and disturbance levels. Where appropriate, similarity analyses were used to evaluate differences in species composition between ecosystems and to identify patterns of community replacement associated with environmental stress.

All field and laboratory data were initially organized and checked for consistency before statistical analysis. Descriptive statistics, including mean, standard deviation, minimum and maximum values, were calculated for the main environmental and biological variables. Differences among ecosystem categories were evaluated using appropriate statistical tests according to the distribution of the data. Analysis of variance was applied when the assumptions of normality and homogeneity of variance were satisfied, while non-parametric tests were used for data that did not meet these assumptions. Statistical significance was accepted at ($p<0.05$).

The reliability of the study was ensured through standardized sampling, laboratory procedures, replicate measurements, and appropriate microbiological controls. Sterile instruments and containers were used during microbiological sampling to minimize external contamination, while laboratory procedures were conducted under controlled conditions. The same analytical procedures were applied across the different ecosystem categories to ensure comparability of results. The integration of field observations, physicochemical measurements, biodiversity assessment, microbial analysis, and statistical modeling provided a comprehensive methodological framework for determining how ecological stress factors influence ecosystem sustainability, stability, and resilience.

Results and Discussion

The results of the study demonstrated that ecological stress factors have a significant and multifaceted influence on ecosystem structure, biodiversity, ecological functions, and long-term sustainability. Comparative assessment of ecosystems exposed to different levels of environmental pressure revealed clear differences in species composition, community organization, physicochemical conditions, and biological activity. Ecosystems characterized by relatively low levels of anthropogenic disturbance generally maintained greater biological diversity, more balanced community structures, and higher ecological stability, whereas ecosystems exposed to intensive environmental pressure showed reduced biodiversity, increased dominance of stress-tolerant organisms, and signs of functional degradation. These patterns demonstrate that the sustainability of an ecosystem is closely associated with its capacity to resist environmental disturbances and maintain essential ecological processes.

One of the most evident responses to increasing ecological stress was the modification of biological community structure. Relatively undisturbed ecosystems were characterized by greater species richness and more balanced distributions of species abundance. In contrast, highly disturbed ecosystems exhibited a simplified community structure, in which a limited number of tolerant or opportunistic species became dominant. The reduction in community evenness indicates that ecological stress does not simply reduce the number of species but also changes the relative contribution of individual species to ecosystem functioning. Such changes are particularly important because the dominance of a small number of tolerant organisms may indicate ecological homogenization and a decline in functional complexity.

The calculated biodiversity indices supported these observations. The Shannon–Wiener diversity index generally demonstrated higher values in ecosystems characterized by favorable environmental conditions and lower levels of disturbance. With increasing ecological pressure, the index tended to decline, reflecting reductions in species richness and evenness. At the same time, Simpson dominance increased in more strongly disturbed environments, indicating that ecological communities were increasingly dominated by a limited number of taxa. These results suggest that prolonged environmental stress may selectively eliminate sensitive species while creating favorable conditions for organisms with broad ecological tolerance. The resulting simplification of biological communities may ultimately reduce the capacity of ecosystems to respond to subsequent environmental disturbances.

Climatic stress represented one of the most important factors influencing ecosystem sustainability. Increased temperature, irregular precipitation and periods of water deficiency were associated with changes in vegetation structure and biological productivity. Species adapted to relatively stable moisture conditions demonstrated greater sensitivity to prolonged drought, whereas drought-tolerant and xerophytic species became increasingly represented in environmentally stressed areas. These changes demonstrate the ecological filtering effect of climatic stress, whereby environmental conditions determine which species can successfully survive and reproduce. Repeated climatic disturbances may be particularly harmful because ecosystems may not have sufficient time to recover between successive stress events.

Water availability also exerted a substantial influence on ecosystem functioning. Reduced soil moisture was associated with lower vegetation productivity and changes in microbial activity. Water is essential for numerous physiological and biochemical processes, and its deficiency can restrict plant growth, reduce microbial metabolism and alter decomposition processes. At the same time, vegetation loss resulting from water stress may further increase soil evaporation and erosion, thereby creating a feedback mechanism that intensifies environmental degradation. Consequently, drought should not be considered an isolated stress factor but rather as a component of a complex interaction among climate, vegetation, soil and microbial processes[5].

The analysis of soil properties further demonstrated that edaphic conditions play a fundamental role in determining ecosystem sustainability. Soil moisture, pH, organic matter content and electrical conductivity were closely associated with biological characteristics. Ecosystems with higher organic matter content generally supported greater microbial activity and

more complex biological communities. Organic matter provides an important source of carbon and nutrients for soil organisms and contributes to the maintenance of soil structure and fertility. Conversely, soil degradation, loss of organic matter, compaction and increased salinity can negatively affect both plants and microorganisms, reducing the capacity of the ecosystem to maintain normal ecological processes.

Soil salinity was particularly important as an environmental stress factor. Increased electrical conductivity was associated with reductions in the abundance of sensitive biological components and greater representation of stress-tolerant organisms. Salinity can create osmotic stress in plants and interfere with water and nutrient uptake. It can also modify microbial community structure and influence decomposition and nutrient cycling. The combined effects of salinity on vegetation and microorganisms may therefore produce substantial changes in ecosystem functioning, particularly in areas where natural climatic aridity is intensified by anthropogenic activities.

Microbial and fungal communities demonstrated considerable sensitivity to environmental changes. The observed differences in microbial abundance and fungal community composition between less disturbed and highly disturbed ecosystems indicate that microorganisms can serve as valuable indicators of ecological stress. Fungi occupy essential ecological positions as decomposers, nutrient mobilizers and participants in plant–soil interactions. Changes in fungal community composition may consequently influence the decomposition of organic matter, nutrient availability and soil fertility. The increased relative abundance of opportunistic and stress-tolerant fungal taxa under disturbed conditions may reflect the selective pressure imposed by unfavorable environmental conditions.

The occurrence and relative abundance of genera such as *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* and *Trichoderma* may vary considerably according to temperature, moisture, substrate characteristics, pH and anthropogenic pressure. Their presence in stressed environments demonstrates the capacity of certain fungal groups to tolerate environmental variability. However, the dominance of tolerant taxa accompanied by a decline in sensitive species should be interpreted as a potential indicator of ecological transformation rather than simply an increase in microbial abundance. From this perspective, fungal community composition provides information not only about biodiversity but also about the ecological condition of the environment.

Pollution was another major factor associated with ecosystem degradation. Industrial emissions, heavy metals, petroleum-derived contaminants, agricultural chemicals and other pollutants can alter soil and water properties and exert chronic pressure on biological communities. Contaminants may interfere with physiological processes, inhibit microbial activity and alter species interactions. Under prolonged pollution exposure, sensitive species may decline while tolerant organisms become increasingly dominant. Such changes can reduce biological complexity and affect ecosystem functions such as decomposition, nutrient cycling and primary production.

Anthropogenic land-use change additionally contributed to the observed patterns of ecological stress. Urbanization, agricultural intensification, vegetation removal, soil compaction, habitat fragmentation and infrastructure development alter natural ecological processes and reduce habitat quality. Fragmentation may isolate populations and restrict the movement of organisms between suitable habitats. This can reduce genetic exchange and increase the vulnerability of small populations to environmental fluctuations. At the ecosystem level, habitat fragmentation may therefore decrease ecological connectivity and limit the capacity of organisms to respond to changing environmental conditions.

An important finding of the study was that ecological stress factors frequently acted simultaneously rather than independently. Temperature increase, water deficiency, soil degradation, pollution and habitat modification may interact and produce cumulative effects that are greater than the impact of individual stressors. For example, vegetation degradation can reduce organic matter inputs to soil, increase erosion and intensify soil temperature fluctuations. Soil degradation can then restrict vegetation regeneration, producing a positive feedback loop that accelerates ecosystem deterioration. Similarly, drought can weaken vegetation and microbial communities, increasing their vulnerability to other environmental pressures[6].

The cumulative effects of multiple stressors are particularly important for understanding ecosystem resilience. An ecosystem exposed to a single moderate disturbance may recover relatively quickly, whereas repeated exposure to several simultaneous disturbances can progressively reduce its recovery capacity. The results therefore indicate that resilience is not a fixed property but a dynamic characteristic influenced by biodiversity, environmental quality, ecological connectivity and disturbance history. Ecosystems with greater biological diversity and functional redundancy generally possess more alternative pathways through which ecological processes can continue following disturbance.

The relationship between biodiversity and ecosystem sustainability was especially evident in the comparison of ecosystems with different disturbance intensities. Ecosystems with greater species richness and more balanced communities generally demonstrated stronger ecological stability. Biodiversity provides ecological redundancy because several species may perform similar functions within an ecosystem. If one species becomes negatively affected by environmental stress, other functionally similar species may partially compensate for its loss. However, when stress becomes sufficiently intense, even highly diverse ecosystems may experience substantial reductions in ecological functioning.

Multivariate analysis further demonstrated that ecosystem differentiation was associated with several interacting environmental variables. Parameters such as temperature, soil moisture, electrical conductivity, organic matter content, pollution intensity and anthropogenic disturbance contributed to differences in biological community structure. The separation of sampling sites along environmental gradients indicates that ecosystem condition is determined by a combination of stress factors rather than by a single parameter. This finding supports the application of integrated ecological assessment methods in environmental monitoring.

The results have important implications for ecosystem management and conservation. The observed reduction in biodiversity, increasing dominance of tolerant organisms and changes in microbial communities may be used as early indicators of ecological degradation. In particular, microbial and fungal indicators can provide valuable information about changes in soil quality and ecosystem functioning before major structural changes become clearly visible at the landscape level. Therefore, the inclusion of biological indicators in environmental monitoring programs can improve the early detection of ecosystem stress.

Overall, the results demonstrate that increasing ecological stress can progressively undermine ecosystem sustainability by reducing biodiversity, altering species composition, modifying soil and water conditions and disrupting ecological processes. Climate variability, water deficiency, soil degradation, pollution and anthropogenic habitat transformation were identified as important components of the stress complex. Their combined effects were particularly significant because they generated feedback mechanisms capable of accelerating ecological degradation.

The findings confirm that ecosystem sustainability depends on the interaction between environmental conditions, biodiversity and ecological functioning. Ecosystems characterized by high biological diversity, favorable physicochemical conditions and strong ecological connectivity are generally better able to resist and recover from environmental disturbances. In contrast, ecosystems subjected to chronic and cumulative stress may experience a gradual decline in resilience and may eventually shift toward simplified ecological states dominated by stress-tolerant organisms. Consequently, long-term ecosystem sustainability requires continuous monitoring of environmental stressors, protection of biodiversity, reduction of anthropogenic pressures, restoration of degraded habitats and maintenance of the ecological processes that support ecosystem resistance and resilience.

Conclusion

The results of the study demonstrate that ecological stress factors have a substantial and complex influence on the sustainability, stability, and functional integrity of ecosystems. Climate variability, increasing temperature, water deficiency, soil degradation, pollution, habitat fragmentation, land-use transformation, and other forms of anthropogenic pressure can individually affect ecological communities; however, their combined and cumulative effects are considerably more important for understanding long-term ecosystem responses. The interaction of multiple stressors can alter environmental conditions, reduce biodiversity, modify species composition, disrupt ecological processes, and progressively weaken the capacity of ecosystems to resist and recover from disturbance.

The study indicates that increasing ecological stress is generally associated with a reduction in species richness, community evenness, and biological complexity, accompanied by an increase in the dominance of stress-tolerant and opportunistic organisms. Changes in Shannon–Wiener diversity, Simpson dominance, and other biodiversity indicators demonstrate that environmental degradation can result in the simplification of ecological communities. Such simplification may reduce functional redundancy and consequently decrease the ability of ecosystems to maintain essential ecological processes when exposed to additional disturbances.

Soil and microbial characteristics were also identified as important components of ecosystem sustainability. Changes in soil moisture, pH, electrical conductivity, organic matter, and other physicochemical properties can substantially influence microbial abundance and community composition. Fungal communities, in particular, represent valuable biological indicators because of their central roles in decomposition, nutrient cycling, organic matter transformation, and

plant–soil interactions. Changes in fungal community structure may therefore provide early evidence of environmental stress and ecosystem transformation before large-scale changes become evident at the level of vegetation or landscape structure.

The findings further demonstrate that climatic and anthropogenic stressors frequently act synergistically. Drought and increased temperature may intensify soil degradation and vegetation loss, while habitat disturbance and pollution may reduce the capacity of biological communities to recover from climatic extremes. These interactions can generate ecological feedback mechanisms that accelerate degradation and may eventually lead to persistent changes in ecosystem structure and function. Therefore, ecosystem sustainability should be evaluated through an integrated approach rather than through the assessment of individual environmental variables.

Biodiversity emerged as one of the principal determinants of ecosystem resistance and resilience. Ecosystems characterized by greater species diversity, functional redundancy, ecological connectivity, and favorable physicochemical conditions generally possess greater capacity to withstand environmental disturbances. In contrast, ecosystems exposed to chronic and cumulative stress demonstrate reduced resistance and slower recovery, increasing their vulnerability to further environmental change. Maintaining biodiversity is therefore not only important for conservation but also represents a fundamental mechanism for sustaining ecosystem functionality.

Overall, the study confirms that the long-term sustainability of ecosystems depends on the balance between environmental pressures and the capacity of ecological communities to adapt, resist, and recover. Effective ecosystem management should consequently focus on reducing cumulative anthropogenic stress, protecting biodiversity, preventing habitat fragmentation, improving soil and water quality, restoring degraded ecosystems, and maintaining ecological connectivity. Continuous monitoring based on physicochemical, biological, microbiological, and biodiversity indicators can provide an effective basis for early identification of ecological degradation and for the development of evidence-based conservation and restoration measures.

In conclusion, understanding the relationship between ecological stress and ecosystem sustainability is essential under contemporary conditions of rapid environmental change. The integrated assessment of stress factors and ecosystem responses provides a scientific basis for predicting ecological vulnerability, identifying critical environmental pressures, and developing strategies aimed at maintaining ecosystem resilience and ecological integrity over the long term.

References

1. Gammal, J., Hewitt, J., Gladstone-Gallagher, R., Thrush, S., Douglas, E., Lohrer, A., et al. (2023). Stressors increase the impacts of coastal macrofauna biodiversity loss on ecosystem multifunctionality. *Ecosystems, 26*, 539–552.

2. Romero, F., Delgado-Baquerizo, M., et al. (2023). Increasing the number of stressors reduces soil ecosystem services worldwide. *Nature Climate Change, 13*, 478–483.

3. Romero, F., et al. (2023). Soils worldwide suffer from the combined effects of multiple global change factors. *Nature Climate Change, 13*, 428–429.

4. Science of the Total Environment. (2023). The Asymmetric Response Concept explains ecological consequences of multiple stressor exposure and release. *Science of the Total Environment, 872*, 162196.

5. Science of the Total Environment. (2024). Differential associations of five riverine organism groups with multiple stressors. *Science of the Total Environment, 934*, 173105.

6. Science of the Total Environment. (2024). Soil microbial community and associated functions response to salt stresses: Resistance and resilience. *Science of the Total Environment, 954*, 176475.

7. Weng, N., Zhang, H., Huo, S., Liu, Y., Zhang, J., Li, Y., et al. (2024). Multiple stressors drive multitrophic biodiversity and ecological network dynamics in a shrinking sandy lake. *Communications Earth & Environment, 5*, 527.

EĞİTİM GERİLİMİ ŞARTLARINDA ÇOCUKLARIN ENDOKRİN SİSTEMİNİN FİZYOLOJİK ADAPTASYONU

Tarana AKBARİ
Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi (ADPU), Şamahı Şubesi
Biyoloji alanında Felsefe Doktoru, Baş Öğretim Görevli

E-posta: akbarietmp@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9293-4561

Özet

Bu çalışma, ilkokul çağındaki çocuklarda (6–10 yaş) yoğun eğitim gerilimi ve bilişsel yüklenme şartlarında endokrin sistemin fizyolojik adaptasyon mekanizmalarını, moleküler-hormonal değişimleri ve bunların nöropedagojik sonuçlarını incelemektedir. Akademik stres; merkezi sinir sistemi aracılığıyla Hipotalamus-Pitoiter-Adrenal (HPA) ve Sempato-Adrenal-Medüller (SAM) eksenlerini aktive ederek sistemik kortizol, adrenalin ve noradrenalin düzeylerini yükseltmektedir. Çalışmada pediyatrik endokrinoloji ve nörobiyoloji alanındaki güncel ampirik literatürün (McEwen, Gunnar & Quevedo, Lupien et al., Sapolsky) sentetik analizi uygulanmıştır. Bulgular, akut eğitim geriliminin metabolik enerjiyi mobilize etmesine karşın, kronik endokrin gerilimin Somatotropik Ekseni (GH/IGF-1) ve tiroit fonksiyonlarını (T3, T4) baskıladığını, bağışıklık direncini düşürdüğünü ve hipokampal plastisiteyi olumsuz etkilediğini göstermektedir. Makalenin sonunda eğitim ortamında endokrin homeostazı korumaya yönelik kanıta dayalı nöro-ergonomik stratejiler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eğitim gerilimi, Endokrin adaptasyon, HPA ekseni, Kortizol, Tiroit bezi, Büyüme hormonu, Nöropedagoji.

PHYSIOLOGICAL ADAPTATION OF THE ENDOCRINE SYSTEM IN CHILDREN UNDER LEARNING STRAIN

Tarana AKBARI

Azerbaijan State Pedagogical University (ASPU), Shamakhi Branch

PhD in Biology, Senior Lecturer

Email: akbarietmp@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9293-4561

Abstract

This study analyzes the physiological adaptation mechanisms, molecular-hormonal alterations, and neuropedagogical implications of the endocrine system in primary school children (ages 6–10) under intensive learning strain and cognitive load. Academic stress activates the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) and Sympatho-Adrenal-Medullary (SAM) axes via the central nervous system, elevating systemic cortisol, adrenaline, and noradrenaline levels. A synthetic analysis of contemporary empirical literature in pediatric endocrinology and neurobiology (McEwen, Gunnar & Quevedo, Lupien et al., Sapolsky) was conducted. The findings demonstrate that while acute learning strain mobilizes metabolic energy, chronic endocrine strain suppresses the Somatotropic Axis (GH/IGF-1) and thyroid function (T3, T4), impairs immune resilience, and alters hippocampal plasticity. Evidence-based neuro-ergonomic strategies are proposed to preserve endocrine homeostasis in educational settings.

Keywords: Learning strain, Endocrine adaptation, HPA axis, Cortisol, Thyroid gland, Growth hormone, Neuropedagogy.

1. GİRİŞ

Modern ilkokul eğitimi ortamında bilgi akışının artması, yoğun ders programları ve değerlendirme baskısı, 6–10 yaş grubundaki çocukların anatomik-fizyolojik sistemleri üzerinde belirgin bir yük oluşturmaktadır. Çocuk organizmasında morfo-fonksiyonel olgunlaşma süreci devam ettiğinden, iç ortam sabitliği (homeostaz) ve adaptasyon rezervleri yetişkin bireylere kıyasla daha hassas ve hızlı tüketilebilir niteliktedir (McEwen, 2007).

Eğitim gerilimine karşı organizmanın verdiği bütüncül tepkide endokrin aygıt, düzenleyici ve birleştirici bir köprü görevi üstlenir. Merkezi sinir sistemi tarafından algılanan psiko-duygusal ve bilişsel uyaranlar, hızla hümoral sinyallere dönüşerek bezlerin hormon salgılanmasını değiştirir. Eğitim gerilimi sırasında endokrin adaptasyonun nörofizyolojik mekanizmalarını incelemek, çocukların fizyolojik sağlığını korumanın yanı sıra öğrenme sürecinin bilişsel verimliliğini artırmaya da imkan tanır.

2. HPA VE SAM EKSENİNİN AKTİVASYON MEKANİZMASI

Merkezi sinir sisteminde bir öğrenme görevi veya sınav stresi algılandığında, kabuk altı yapılar (amigdala ve hipokampus) hipotalamusun paraventriküler çekirdeğini (PVN) uyarır.

1. **Sempato-Adrenal-Medüller (SAM) Ekseni (Akut Tepki):**
    - En hızlı yanıt veren sistemdir. Hipotalamus, otonom sinir sisteminin sempatik bölümü aracılığıyla böbrek üstü bezinin öz (medulla) bölgesini uyarır.
    - Kana katekolaminler — **adrenalin** ve **noradrenalin** salgılanır. Bu hormonlar acil olarak kardiyovasküler atımı artırır ve beynin glikoz kullanımını hızlandırır (Sapolsky et al., 2000).
2. **Hipotalamus-Pitoiter-Adrenal (HPA) Ekseni (Uzun Süreli Adaptasyon):**
    - Hipotalamustan **Kortikotropin Salıverici Hormon (CRH)** ve vazopressin salgılanır.
    - CRH, hipofizin ön lobuna etki ederek **Adrenokortikotropik Hormonun (ACTH)** kana geçmesini sağlar.
    - ACTH, böbrek üstü bezinin kabuk (korteks) bölgesinde **kortizol** (glukokortikoid) sentezini belirgin şekilde artırır (Gunnar & Quevedo, 2007).

3. KORTİZOL DİNAMİĞİ VE BİLİŞSEL FONKSİYONLAR

Kortizol, metabolizmayı düzenleyen ve enerji mobilizasyonunu sağlayan temel hormon olmasına rağmen, kandaki düzeyinin uzun süre yüksek kalması hipokampal nöronlar üzerinde nörotoksik etki gösterir.

- **Sirkadiyen Ritim ve Eğitim Stresi:** Normal fizyolojik koşullarda kortizol seviyesi sabah saatlerinde en yüksek (Cortisol Awakening Response - CAR), akşam ise en düşük seviyededir. Kronik eğitim gerilimi yaşayan çocuklarda bu sirkadiyen ritim bozulmaktadır (Lupien et al., 2009).
- **Nöroplastisite ve Hafıza:** Hipokampus, glukokortikoid reseptörleri bakımından beynin en zengin bölgesidir. Lupien ve arkadaşlarının (2009) çalışmaları; orta düzeydeki kortizol artışının dikkati keskinleştirdiğini, ancak kronik yüksek kortizol seviyesinin nörogenezisi baskıladığını, sinaptik plastisiteyi zayıflattığını ve çocuklarda uzun süreli bellek oluşumunu zorlaştırdığını göstermektedir.

4. DİĞER ENDOKRİN BEZLERİN FİZYOLOJİK UYUMU

Eğitim gerilimi yalnızca böbrek üstü bezleriyle sınırlı kalmayıp diğer kritik endokrin eksenleri de doğrudan etkiler:

4.1. Somatotropik Eksen (Büyüme Hormonu - GH)

Çocuklarda boy uzaması ve doku rejenerasyonu, hipofiz ön lobundan salgılanan **Büyüme Hormonu (GH)** ve karaciğerde sentezlenen **IGF-1 (İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü-1)** aracılığıyla yürütülür. Uzun süreli duygusal ve bilişsel stres durumunda yüksek kortizol seviyesi GH salgılanmasını baskılar (McEwen, 2007). Bu durum, kronik yorgunluk zemininde çocukların fiziksel gelişiminin yavaşlaması riskini doğurur.

4.2. Tiroit Bezi ve Bazal Metabolizma (T3, T4)

Tiroit hormonları (Triyodotironin - T3 ve Tiroksin - T4), merkezi sinir sisteminin olgunlaşmasını ve metabolizma hızını düzenler. Akut gerilimde T3 ve T4 seviyeleri enerji ihtiyacını karşılamak üzere geçici olarak artar. Ancak uzayan ders saatleri ve sedanter gerilim sürecinde TSH (Tiroit Uyarıcı Hormon) duyarlılığı düşer; bu da çocuklarda apati, çabuk yorulma ve dikkat eksikliği ile seyreden geçici hücresel hipotiroidizm tablosuna yol açabilir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Eğitim gerilimi zemininde endokrin sistemin gösterdiği adaptasyon evreleri ve bunların nöropedagojik yansımaları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Eğitim gerilimi şartlarında endokrin sistem adaptasyon evreleri ve fizyolojik yansımaları

Adaptasyon Evresi	Aktifleşen Hormonal Eksen	Hormonal Değişim	Fizyolojik ve Bilişsel Yansıma
I. Alarm Evresi (Akut Stres)	SAM Ekseni ve HPA Ekseni	Adrenalin ↑, Noradrenalin ↑, Kortizol (geçici) ↑	Dikkat mobilizasyonu, kana glikoz salınımı, kalp atım hızı artışı.
II. Direnç Evresi (Uyum)	HPA Ekseni Dominansı	Kortizol stabil yüksek, T3/T4 değişken	Öğrenme kapasitesi zorlanır, duygusal hassasiyet ve kaygı artar.
III. Tükenme Evresi (Kronik Yük)	HPA disfonksiyonu / GH baskılanması	CAR ritmi bozulur, GH ↓, IGF-1 ↓, İmmünoglobülinler ↓	Hafıza zayıflaması, bağışıklık düşüşü, büyüme hızında yavaşlama.

5.1. Endokrin Homeostazın Korunması İçin Nöro-Ergonomik Yaklaşımlar

1. **Sirkadiyen Ritme Uygun Ders Programı:** Yüksek bilişsel yük gerektiren dersler (Matematik, Yabancı Dil), kortizolün doğal olarak yüksek olduğu sabah saatlerine (09:00–11:00) planlanmalıdır.
2. **Fiziksel Aktivite ile Kortizolün Nötralizasyonu:** Ders aralarında uygulanan 3–5 dakikalık dinamik egzersiz molaları, kanda biriken fazla katekolamin ve kortizolün kas faaliyeti yoluyla metabolize edilmesini sağlar (Best, 2010).

3. **Duygusal Güvenlik Ortamı:** Korku ve ceza beklentisi HPA eksenini sürekli reaktif durumda tuttuğundan, öğretimde negatif motivasyon unsurları elenmelidir.

6. SONUÇ

Eğitim gerilimi şartlarında çocukların endokrin sistemi, HPA ve SAM eksenleri başta olmak üzere kapsamlı bir fizyolojik adaptasyon sürecine girer. Güncel pediyatrik endokrinoloji ve nörobiyoloji literatürü; akut adaptasyonun bilişsel kaynakları seferber ettiğini, ancak kronik endokrin gerilimin hipokampal nöronlar, büyüme hormonları ve bağışıklık direnci üzerinde olumsuz etkiler yarattığını doğrulamaktadır. Eğitim ortamlarında sirkadiyen ritimlerin ve nöro-ergonomik molaların dikkate alınması, endokrin homeostazın korunması açısından kritik önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA / REFERENCES

Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351.

Gunnar, M., & Quevedo, K. (2007). The neurobiology of stress and development. *Annual Review of Psychology*, 58, 145–173.

Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 434–445.

McEwen, B. S. (2007). Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiological Reviews*, 87(3), 873–904.

Sapolsky, R. M., Romero, L. M., & Munck, A. U. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, preparative, and stimulatory actions. *Endocrine Reviews*, 21(1), 55–89.

EFFİCACY OF COUNSELLİNG SERVİCES FOR STUDENTS WİTH DİSABİLİTİES: AN INTEGRATİVE REVİEW OF INCLUSİVE PRACTİCES AND OUTCOMES

Abbas Muhammad Adam,[1] Tukura Luka Ika[2] Ahmed Zampa Ibarahim[3] and Yahaya Adamu[4]

Department of Educational foundations National Open University of Nigeria (NOUN)

Department of Guidance and counseling National open university of Nigeria

School of General Educational psychology and counselling, federal College of Education Jama,are Bauchi State Nigeria

Corresponding author; yahayaguji2@gmail.com

Abstract

Students with disabilities are often confronted with multiple problems in education, psychology, social integration, and employment and may experience difficulties with participation, learning, development and transition to employment and independent living. Guidance and counselling services are, thus, an important part of inclusive education, offering individualized support that addresses students' varied educational and psychosocial needs. The provision, access, quality and effectiveness of student counseling services for students with disabilities are not consistent however, between educational settings, especially in low resource settings. This review is aimed at gathering evidence that covers the role guidance and counselling play in the educational, psychological, social and career development of pupils with disabilities. It collates literature relating to inclusive counselling practice, such as individual and group counselling, career counselling, psychosocial support, assistive and digital technology, peer support, family involvement, multidisciplinary practice and culturally responsive practice. Specific focus is paid to interventions that are effective in supporting psychological well-being, self-esteem, academic engagement, social participation, career decision-making, resilience and transition outcomes. This review also explores ongoing challenges with counselling service delivery: shortage of counselling services; lack of professional training in counselling; lack of specialist counselling staff; communication issues; stigma and discrimination; lack of assistive technology; lack of referral systems; the socioeconomic factors and institutional support are also identified. Results reveal that individualized counseling, accessible, strengths-based, culturally responsive, and systemically integrated counselling can meaningfully impact outcomes for students with disabilities, but there is still much to learn about the evidence base, especially in low- and middle-income countries (LMICs). The review recommends continuous investment in counselor training and development, increased service access, increased coordination among counselors, teachers, health providers, disability specialists and families, and ongoing assessment of the effectiveness of counselling. It espouses a philosophy of guidance and counselling which goes beyond the remedial and deficit nature of the support, and promotes a wider vision of empowerment so that students with disabilities may be able to become autonomous, engaged and equitably educated, career-ready participants in society.

Keywords: inclusive education; inclusive counselling; students with disabilities; career guidance; educational inclusion; disability; counselling outcomes; student well-being; assistive technology; guidance and counselling; social support; accessibility.

Introduction

The vision of inclusive education has now at the mainstream of policy making in educational systems across the world, with a commitment that all learners regardless of their ability or background have the right to equal and quality education in mainstream schools when this is feasible. In the context of this, guidance and counselling services plays a significant yet under-resourced role. Guidance and counselling is not just about responding to crises or remedial intervention, but also about having an individualized education plan, providing social-emotional and other support for students, guiding career planning and supporting advocacy for students with disabilities so that they can be successful in school and in their adult lives. Tailored support provided through guidance and counselling to identify the specific needs, strengths and areas for growth of each learner means that every student is provided with the attention and resources needed to succeed in an inclusive classroom (Jebakumar & Subramanian, 2023). Counsellors are often seen as a liaison between general education, special education, families, and allied health services, resolving conflict, facilitating individualized education plans, and providing a supportive setting for students to voice their emotional and social issues (Jebakumar & Subramanian, 2023).

Although this has been acknowledged, the evidence picture of the delivery of guidance and counselling services to students with disabilities and the impacts of this service is still somewhat fragmented. Literature reviews reveal that the needs of students with disabilities differ qualitatively from those of non-disabled students, so that the inclusion aspects in counselling practice must be intentionally included. (Indreswari & Ediyanto, 2024). Concurrently, national education policies highlight inclusive practices as key to educational excellence and equitable access, and they can have a positive impact on the participation and outcomes of students with and without disabilities (U.S. Department of Education, 2024).

There are three general questions that will be discussed in this review. Let's begin with the questions of what may take the form of guidance and counselling in the educational, psychological, social, and career areas for students with disabilities? Second, what is the evidence for the effectiveness of these approaches in relation to outcomes like psychological wellbeing, self-esteem, engagement in learning, social participation, resilience, career decision making, and transition to work or further learning? Third, what are some of the challenges faced by the provision, access and quality of counselling services and what are the implications of this for practice, training and policy, especially in low-resource contexts?

Methodology

This is a narrative (integrative review) and not a systematic review or a meta-analysis. The purpose was not to present and review all empirical studies that fit into quite specific inclusion criteria, but to collect a wide and diverse range of literature from special education, rehabilitation counselling, school psychology, vocational rehabilitation and disability-inclusive development. Literature was identified by searching academic databases and grey literature, which included guidance and counselling in inclusive education, psychosocial and mental health support for students with disabilities, career and transition counselling, assistive and digital technology in counselling, peer and family support interventions, and barriers to inclusive counselling in high-income and low- and middle-income country (LMIC) contexts.

Sources were prioritised if they included empirical findings, systematic or meta-analytic synthesis or authoritative policy guidance. Due to the diversity of study designs, study populations, disability types and outcome measures in the literature, the results are presented thematically rather than statistically pooled. It is important to note that figure 2 is an interpretive summary of the evidence that was reviewed and should be viewed as an overview of the relative consistency and geographic coverage of the evidence in the outcome areas rather than a quantitative estimate of the effect size, because it is not a meta-analysis.Figure 2 is an interpretive summary of evidence reviewed, rather than a quantitative effect size estimate, and is intended as an orientation to where evidence was relatively consistent and geographically distributed, and where gaps exist, rather than as a precise quantitative comparison.

Conceptual Framework

Guidance and counselling for students with disabilities is best understood through an ecological lens, in which outcomes for the individual student are shaped by nested layers of interpersonal relationships, institutional structures, and systemic policy. Figure 1 depicts this framework. At the centre is the student with a disability, whose psychological, educational, social, and career trajectories are directly shaped by interpersonal relationships with family, peers, teachers, disability specialists, and the counsellor. These interpersonal relationships are, in turn, enabled or constrained by institutional factors such as school leadership commitment, the existence of multidisciplinary support teams, referral pathways, and physical and communicative accessibility. Finally, institutional practice operates within a systemic layer of legislation, funding, counsellor training and accreditation standards, and national inclusive education policy.

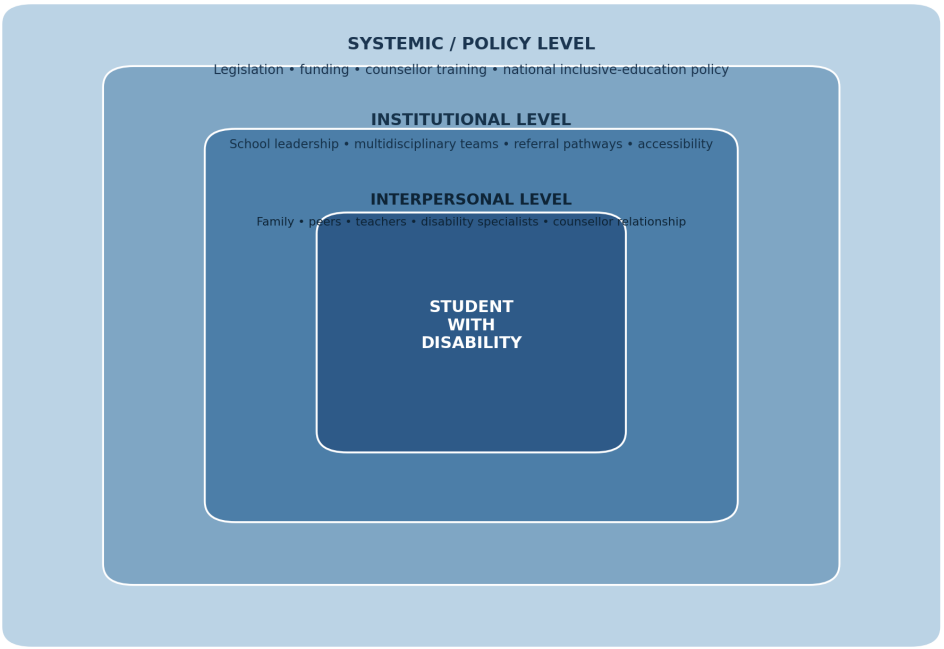


Figure 1. An ecological, multi-level conceptual framework of inclusive guidance and counselling for students with disabilities.

It highlights a previous point that is widely made in literature: counselling provided at an individual level, without institutional and systemic support is unlikely to be sustainable and effective. Effective practice is defined as a whole-school approach and having a counsellor working in isolation will only have minimal impact on the inclusion of a student, true inclusion requires the involvement of teachers, administrators, parents and peers (Teachers Institute, 2026). Counselors are involved in academic engagement by coordinating, building, and planning with students for Individualized Education Plans (IEPs). Observational and reflective reports of counselling practice demonstrate the importance of an individualised approach to ensure the best learning path for each student and the importance of skill building sessions that allow students to express their needs and preferences (Jebakumar & Subramanian, 2023). Literature reviews of guidance and counselling also agree that the key to including an element of inclusive education in guidance and counselling services is because a student with disabilities has a different learning and support needs to the generic guidance counselling model (Indreswari & Ediyanto, 2024).

Available evidence about the academic impact of interventions based on counselling principles for students with learning disabilities is inconsistent, but positive. A meta-analysis of school-based interventions to improve students with learning disabilities' self-concept from 1975 to 1997 revealed an overall modest (but positive) weighted mean effect size of 0.19 from 82 samples; counselling was more effective than other types of interventions for middle and high school students and academically focused interventions for younger students (Elbaum & Vaughn, 2001). The age-graded pattern indicates a transition over a student's educational journey of the best ratio of counselling to direct skills instruction.

Guidance counsellors are also placed in formal accommodation arrangements. A counsellor is often included in an IEP or equivalent individualised support plan and the plan is tailored to their needs and goals to deliver short-term, goal-oriented counselling and to support the provision of special educators and to ensure that the services offered are developmentally appropriate and reinforce the IEP or individualised support plan services (Teachers Institute, 2026).

Psychological Well-Being, Self-Esteem and Resilience

One of the most frequently mentioned concerns of students with disabilities is psychological vulnerability. Drawing on eight studies that were published between 2008 and 2023, a systematic review found that the academic self-concept of students with learning disabilities was lower than that of their peers, whereas a qualitative review of the adults with learning disabilities' accounts showed ambivalent identities characterised by a sense of independence and a feeling of anxiety, with

a lower level of self-worth (Nabil, Matore, & Zainal, 2026). The same study revealed that availability of social support provided by friendships, parental involvement and teacher encouragement were beneficial to the children's resilience and helped to buffer against stigma, while structured interventions, such as educational therapy and adapted cognitive-behavioural therapy, were effective in improving self-esteem and emotional regulation (Nabil, Matore, & Zainal, 2026).

In a broader review of mental health and students with disabilities, this finding is echoed, noting a high prevalence of psychological difficulties among students with disabilities compared with their peers without disabilities and indicating the need to include mental health literacy and counselling for responding to psychological needs in inclusive school systems (McMillan & Jarvis, 2013). There is also evidence of feasibility in group-based psychosocial interventions provided in higher education counselling services, as statistically significant improvements were found in well-being and overall self-esteem in comparison groups in the higher education context across a range of levels of students with attention-deficit/hyperactivity disorder, including the application of cognitive-behavioural, interpersonal group, and structured coaching approaches.

The collective evidence demonstrates a strengths-based approach to psychological support – not to be confused with dismissing psychological distress as an individual problem, but viewing the environmental stigma and limited social support as influential on students' psychological experiences, and intervening at both the individual and relational level.

Knowledge of Community Resources

Effective counselling is a product of social inclusion, and a way of promoting social inclusion. Research in inclusive education demonstrates that the inclusion of students with disabilities has a positive impact on their social skills, peer acceptance, self-esteem and psychological health, as well as their classmates' (Teachers Institute, 2026). Planned and purposeful pairing of students with and without disabilities (structured peer-buddy systems) have been linked to positive outcomes for students with and without disabilities in terms of social skills and friendship formation, and structured social-play interventions have been found to significantly reduce withdrawal behaviour for students with intellectual disabilities (Teachers Institute, 2026).

In co-design research involving teachers, families and school staff in mainstream schools, it was revealed that collaborative teamwork and shared understandings of inclusion did not result in segregated placement but rather strategies that kept children with disability in the classroom and school community and utilised the time of teachers to support children with disability and the time of classmates for peer support and buddy systems (Iacono cited in co-design study, 2022). The results show that what is generally referred to as social participation is not a natural by-product of counselling, but rather is deliberately developed at the institutional level through deliberate structural choices, in accordance with the multi-level approach outlined in Figure 1.

These findings are supported by evidence from low resource settings. Peer-to-peer support intervention, Obuntu bulamu in Central Uganda was acceptable, culturally appropriate and supportive and parents found that children with disabilities had a sense of togetherness and belonging, participated and were included with their home, school and community (Nalugya et al., 2023). This is an Afrocentric intervention based on the concept of “Kung Fu” indigenous to the continent of Africa.

Career Counselling and Transition Outcomes

Vocational rehabilitation systems in the United States have a high degree of policy visibility and this has contributed to the more extensive study of career counselling and career transition planning among students with disabilities and their families. Pre-Employment Transition Services (pre-ETS) was established by the Workforce Innovation and Opportunity Act of 2014 and officially incorporated job exploration counselling, work based learning experiences, counselling about post-secondary opportunities, work related training and instruction on self-advocacy into transition-age services for youth with disabilities (Taylor et al., 2025).

Four decades of intervention research to impact employment outcomes for transition-age youth with disabilities were examined using a systematic review of 25 qualifying experimental and quasi-experimental studies, showing that most interventions yielded positive results and that tying students with disabilities to career development experiences prior to exiting school is a worthwhile practice (Schutz & Carter, 2022). In tandem with this, an update of the secondary transition predictor research base has identified in-school predictors which are associated with better post school employment, further education and independent living outcomes, such as career awareness, self-determination and work experience (Mazzotti et al., 2021).

Career decision self-efficacy is a significant mediator between counselling exposure and outcomes. Research by Singleton (2016) confirmed that a counselling approach designed to enhance students' career decision making self-efficacy is likely to have long term impacts that extend beyond school years, especially on employment and enrolment in postsecondary education for students with disabilities in the State of Mississippi when using Social Cognitive Career Theory (SCCCT). Specific vocational rehabilitation research also has demonstrated that specific interventions, such as vocational rehabilitation services designed for students with autism spectrum disorder, are related to increased competitive employment (Kaya et al., 2016).

However, outcome data show that there is a significant disparity for students who have more serious support needs. The situation 18 months after leaving public school is that few of the 338 IDD youth in the study were in integrated competitive employment (14.2%) and the vast majority (57.1%) were involved in a sheltered or non-work activity (Migliore et al., cited in ERIC, 2013), indicating that career counselling alone does not address structural and labour-market barriers without complementary vocational rehabilitation and employer engagement.

Support in Counselling using Assistive and Digital Technologies.

Assistive technology (AT) is gaining recognition as a key tool to gaining access to academic content and counselling/social supports for students with disabilities. AT can be used to help students with disabilities participate in activities that they may not be able to do without AT, and can overcome barriers that stem from the interaction between individual impairment and unaccommodating environments (as cited by the WHO in a meta-analytic review on AT for people with disabilities, 2025). Despite this, global access to AT is very limited, with only about 10% of the world's people who could benefit from AT accessing it (as quoted in Ndlovu, 2023) and access is even more limited in low-resource settings, where estimates range from 5%–15%.

However, when the institution fails to provide support, students with disability often take matters into their own hands by inventing ways of coping with the learning process, in this way displaying resilience but also demonstrating an unfulfilled institutional responsibility (Ndlovu, 2023). Stigma, risk for social isolation due to the use of visible technology, lowered academic self-concept and practical barriers to AT training and support are all barriers to sustained AT use among adolescents with learning disabilities (ScienceDirect, 2025).

Digital mental health interventions (DMHIs) may provide a scalable alternative and complement to face-to-face counselling, especially in areas where counsellors are scarce. However, young people in Uganda expressed positive attitudes towards digital mental health tools in general but noted that fear of stigma, cost, and inequitable access were the main barriers to using these tools in low-resource contexts (Mwaka et al., 2025). These findings indicate that digital and assistive technologies can help improve access to counselling services, however, only when they are intentionally designed and integrated to be affordable, digitally literate, private, and stigma reducing, or technology alone will not fix access inequities.

Family participation and collaboration with other service providers

Family involvement is mentioned as a protective factor and a pre-requisite to effective counselling time and again. Families have a wealth of knowledge about their child's strengths and needs, and when schools are able to communicate with families as partners and not just as a source of information, children's experience of support in school is significantly enhanced (Teachers Institute, 2026). This was extended by parental peer-to-peer support models, as parents indicated that they became more positive about disability and inclusion as a result of being able to rely on peer support from other parents of children with disabilities, and that their worries about their children's future decreased when they were deeply involved in processes of inclusion (Nalugya et al., 2023).

The effective implementation of inclusive practice is said to require multidisciplinary collaboration between counsellors, special educators, the general classroom, disability professionals and allied health. The problem solving, developing of instructional strategies and assisting the classroom teachers to accommodate diverse learners uses multidisciplinary, school-wide assistance teams that include professionals, students, and parents (Human Exceptionality, n.d.). A co-design study of collaborative team approaches to inclusion in mainstream schools also concluded that sustained, purposeful communication across stakeholder groups allowed a team to plan a strategy which maintained positive inclusion of children with disabilities in mainstream classrooms and facilitated inclusion of children with disability with other children in the classroom.

The co-teaching model, which involves the classroom collaboration of the general and special education teachers, has been linked to higher levels of belonging and social inclusion for students with disabilities (Teachers Institute 2026). Taken

together this evidence suggests that counselling alone is not a strategy likely to have the impact it has the potential to have and that coordination and shared ownership of the support of students is a frequent feature in good practice.

Cultural and resource approached

Research on inclusive counselling is largely from high-income countries, where the special education and vocational rehabilitation systems are developed. Although the evidence is less robust, it is consistent that culturally-based, indigenous solutions are important from LIC countries. The Obuntu bulamu intervention in Uganda was deliberately grounded in indigenized concepts of belonging and humanity and was discovered by the participating parents to be inspiring, acceptable, and culturally appropriate because it was based on culturally located values and practices, instead of an imported counselling model (Nalugya et al., 2023). On the premise that interventions based on indigenous values are more likely to be accepted, integrated and sustainable, the authors advocate for more Afrocentric interventions that build on existing cultural values (Nalugya et al., 2023).

In low resource areas, access challenges are compounded by the cultural dimension. In Uganda, even if youth were positive about using digital services for mental health, their own real-world use of them was limited by affordability and equity issues (Mwaka et al, 2025), and access to assistive technology across the world suggests that in low-resource settings there is unequal access to devices that many counselling and educational models in high-resource countries assume youth have (cited in Ndlovu, 2023). Overall, these findings suggest that approaches to counselling that have been used in high-income countries will not necessarily work in LMIC contexts, and that culturally adapted approaches that are community based and resource appropriate are more likely to be effective—but the evidence base for these models is limited and preliminary.

Connections between Outcomes across Domains

The results of the review team's qualitative synthesis of two dimensions are summarized in Figure 2, which shows the consistency of the reviewed literature reporting on a positive association between guidance and counselling involvement and the outcome examined in this review; and second, the relative volume of literature identified in the low- and middle-income country contexts. This figure is interpretive and is not a quantitative estimate of the effect size of interventions based on a meta-analysis.

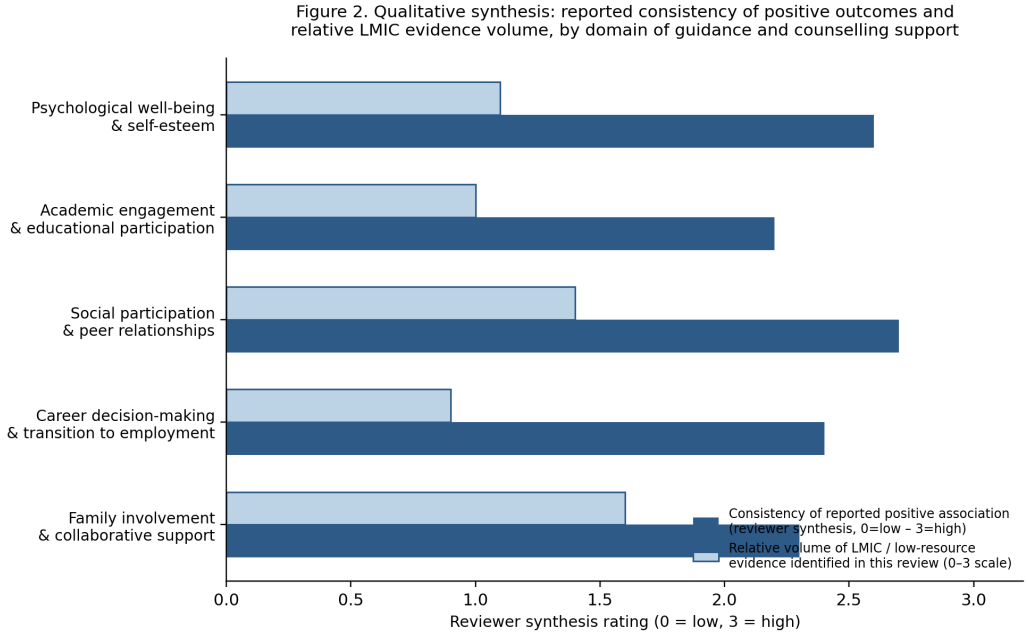


Figure 2. Qualitative synthesis of reported outcome consistency and relative low- and middle-income country (LMIC) evidence volume, by domain of guidance and counselling support.

Two patterns are apparent. First, social participation and psychological well-being show the most consistently reported positive associations with counselling and peer-support involvement, reflecting a relatively mature literature on stigma reduction, peer-buddy systems, and psychosocial intervention. Second, LMIC evidence is unevenly distributed: it is

comparatively richer for family- and peer-support interventions, such as Obuntu bulamu, than for structured career and transition counselling, which remains dominated by vocational-rehabilitation research conducted in the United States. This imbalance has direct implications for the global generalisability of career-counselling recommendations.

Table 1. Summary of Inclusive Counselling Approaches, Illustrative Sources, and Reported Outcomes

Counselling approach	Illustrative evidence	Reported outcomes / findings
Individual and IEP-aligned counselling	Jebakumar & Subramanian (2023); Teachers Institute (2026)	Individualised support tied to IEP goals; improved articulation of needs; safe space for emotional expression
School-based self-concept / counselling interventions	Elbaum & Vaughn (2001)	Modest positive overall effect (weighted effect size = 0.19); counselling more effective than academic interventions for middle/high-school students with LD
Group psychosocial / CBT-based interventions	Nabil, Matore & Zainal (2026)	Improved self-esteem, reduced behavioural problems, enhanced emotional regulation
Peer-buddy and structured social-play programmes	Teachers Institute (2026)	Improved social skills, friendship formation, reduced withdrawal behaviour
Multidisciplinary team collaboration	Co-design study (2022); Human Exceptionality (n.d.)	Strategies that sustain mainstream placement and classmate participation, avoiding segregation
Career / transition counselling and pre-ETS	Taylor et al. (2025); Schutz & Carter (2022); Mazzotti et al. (2021)	Improved employment status in most reviewed interventions; identified predictors of post-school success
Career decision self-efficacy building	Singleton (2016)	Significant positive impact on employment and postsecondary enrolment
Assistive and digital technology-supported counselling	Mwaka et al. (2025); Ndlovu (2023)	Positive attitudes toward digital tools; access limited by affordability, stigma, and infrastructure
Culturally grounded peer-to-peer family programmes	Nalugya et al. (2023)	High acceptability; increased belonging and inclusion at home, school, and community

Barriers and Challenges

Across the reviewed literature, barriers to effective guidance and counselling for students with disabilities cluster into individual, institutional, and systemic categories, mirroring the ecological framework in Figure 1.

Table 2. Barriers to Effective Guidance and Counselling for Students with Disabilities

Barrier category	Description	Representative evidence
Limited specialist staffing and training	Shortage of counsellors trained in disability-inclusive practice; many teachers, despite endorsing inclusion, favour separate settings due to perceived inadequate support	Innovative Roles study (academia.edu, 2018)
Stigma and discrimination	Students internalise negative self-perceptions before counsellor intervention; stigma discourages help-seeking and disclosure	Teachers Institute (2026)
Insufficient assistive technology	Only an estimated one in ten people needing AT globally has access; access is markedly lower in low-resource settings (5–15%)	Cited in Ndlovu (2023)
Weak referral and coordination systems	Fragmented communication between counsellors, teachers, families, and health professionals limits continuity of support	Human Exceptionality (n.d.); Teachers Institute (2026)
Socioeconomic and affordability constraints	Cost and inequitable access limit uptake of digital mental health tools even where attitudes are favourable	Mwaka et al. (2025)
Communication and accessibility barriers	Physical, sensory, cognitive, and communication barriers restrict access to counselling spaces and processes	Digital Applications as AT (2024)
Limited institutional and policy support	Absence of systemic funding, accreditation, and policy backing undermines sustainability of counselling provision	U.S. Department of Education (2024)
Sparse LMIC-specific evidence	Most rigorous outcome studies originate in high-income countries, limiting generalisability to low-resource contexts	Review synthesis; Nalugya et al. (2023); Mwaka et al. (2025)

Often such barriers are not single factors. For instance, lack of specialist staffing on top of weak referral systems is a problem; specialist counsellors will not be available for students who are not identified or referred for help, while lack of specialist services will further stigmatize help-seeking. Solving any individual barrier without consideration of the context of all the layers of the environment illustrated in Figure 1 is therefore unlikely to bring any lasting benefit.

Discussion

The evidence presented here suggests a number of colinearities. First, guidance and counselling has a proven, although not well documented, impact on the psychological, social, academic and career outcomes of students with disabilities. Secondly, counselling is seldom experienced in isolation; it happens within interpersonal networks (family, peers, teachers, etc.), institutional frameworks (interdisciplinary teams, referral systems, etc.) and institutional policies (funding, legislation, training, etc.). Third, culturally responsive and strengths-based approaches seem to have a positive impact on acceptability and engagement, especially when there are cultural differences and resource constraints in the local context, such as when imported high income country models don't fit local values or resource realities.

Meanwhile, the review reveals a “tension” between empowerment and remediation that has long plagued the field. History has traditionally viewed counselling as the right answer to the problem of deficits related to disability, e.g., low self-esteem, poor academic self-concept, and limited employability. A related, though smaller, literature sees counselling as a means of empowerment, self-advocacy and independence of decision making, including the focus on career decision self-efficacy and self-determination in the transition literature.

The synthesis of the review in Figure 2 indicates that the domains that are most closely linked to the relational and participative processes (social participation and psychological well-being) have the most consistent evidence of benefit, while the domains that involve structural and labour-market change (career transition to competitive employment) have more mixed results, despite high counselling inputs. This indicates that counselling alone will not reach a large population unless supported by other investment, such as providing easy access to employment opportunities, assistive technology, and anti-discrimination enforcement, or a combination of these. The evidence gap identified in this LMIC review is a major constraint for translation of global policies. Evidence, where available, in LMICs, including from the Obuntu bulamu programme, suggests that culturally and family/community based models, rather than copying and pasting models of specialist, one-to-one counselling found in high-income countries, have value.

Counsellor capacity building:

Pre-service and in-service training should be integrated to include disability-inclusive competencies and not offered as a stand-alone specialisation as there is evidence to suggest that generic guidance models are not enough to address the needs of students with disabilities.

Structural integration:

Counselling should be part of a team which may include special educators, disability specialists, families and where appropriate allied health professionals and not be led by counsellors alone, whole-school.

Strengths-based and empowerment-oriented practice:

Programme design should move away from a remedial deficit-based approach and focus on developing a career decision self-efficacy, self-advocacy and self-determination, which are linked to long term post-school outcomes.

Investment in accessible and affordable technology: Investment in accessible and affordable mental health technology needs to be complemented by being accessible, secure, and having digital literacy and stigma-reduction.

Culturally responsive adaptation:

Counselling approaches exported to LMIC or culturally different settings should be responsive to the indigenous and family support systems and culturally grounded approaches like Obuntu bulamu, which have been shown to be acceptable.

Routine and standardised outcome monitoring for counselling services:

Systems need to put in place systematic and standardized outcome monitoring for counselling services, with the current plethora of small sample, methodologically heterogeneous studies that limit cross-context comparisons and evidence synthesis. National inclusive education policy should clearly include resources for counselling infrastructure and standards for accreditation, as a consequence of the ecological finding that infrastructure and institutionalization and policy support are necessary preconditions for sustainable individual practice.

Limitations

There are a few limitations with this review. It is a narrative not a systematic review, therefore, it does not use exhaustive and replicable search and screening processes, and results should not be understood as an exhaustive census of all the

available evidence. Literature collated is varied and includes different types of disability, different age groups, different cultural backgrounds, and different outcome measures, making it difficult to directly compare studies and making formal meta-analysis impossible for combining results. The evidence base is still largely restricted to LMICs, especially the USA, and hence conclusions drawn from career and transition counselling in particular may not be applicable to LMIC settings. Finally, the rating in Figure 2 is an interpretation of the evidence by the review team and is not an independent quantitative rating and should be interpreted as a heuristic summary, not an exact assessment of the strength of the evidence.

Conclusion

Guidance and counselling is a core yet inadequately funded element of inclusive education for students with disabilities. The findings from this review suggest that strong family engagement, accessible individual counselling for school students with a strengths-based and culturally responsive approach, delivered by a multidisciplinary school team, is correlated with better psychological well-being, self-esteem, social participation, academic engagement and career decision-making. Despite these benefits, however, continued barriers to access and consistency exist, such as staffing, stigma, limited assistive technology, poor referral systems, and institutional and systemic support, especially in low-resource areas with limited evidence and infrastructure. While students with disabilities will have a role in their own educational, social and career development, the full potential of guidance and counselling for these students will not be achieved until the remedial focus of guidance and counselling is broadened from a deficit perspective to an empowerment perspective. This change will occur through long-term investment on both an interpersonal and institutional level, and systemically throughout the educational ecosystem.

References

Elbaum, B., & Vaughn, S. (2001). School-based interventions to enhance the self-concept of students with learning disabilities: A meta-analysis. The Elementary School Journal, 101(3), 303–329.

Indreswari, H., & Ediyanto, E. (2024). Guidance and counseling teachers in inclusive education: A literature review. Pegem Journal of Education and Instruction, 14(4), 325–330. https://doi.org/10.47750/pegegog.14.04.29

Jebakumar, J. T. A., & Subramanian, P. (2023). Guidance and counselling in inclusive education: Fostering inclusivity and empowering diverse learners. Shanlax International Journal of Arts, Science and Humanities, 11(S1-Nov), 1–4. https://doi.org/10.34293/sijash.v11iS1-Nov.6850

Kaya, C., Chan, F., Rumrill, P., Hartman, E., Wehman, P., Iwanaga, K., Pai, C.-H., & Avellone, L. (2016). Vocational rehabilitation services and competitive employment for transition-age youth with autism spectrum disorders. Journal of Vocational Rehabilitation, 45*(1), 73–83. https://doi.org/10.3233/JVR-160812

Mazzotti, V. L., Rowe, D. A., Kwiatek, S., Voggt, A., Chang, W.-H., Fowler, C. H., Poppen, M., Sinclair, J., & Test, D. W. (2021). Secondary transition predictors of postschool success: An update to the research base. Career Development and Transition for Exceptional Individuals, 44(1), 47–64.

McMillan, J. M., & Jarvis, J. M. (2013). Mental health and students with disabilities: A review of literature. Australian Journal of Guidance and Counselling, 23(2), 236–251. https://doi.org/10.1017/jgc.2013.14

Mwaka, E. S., Bazzeketa, D., Mirembe, J., Emoru, R. D., Twimukye, A., & Kivumbi, A. (2025). Barriers to and enhancement of the utilization of digital mental health interventions in low-resource settings: Perceptions of young people in Uganda. DIGITAL HEALTH, 11, 1–13. https://doi.org/10.1177/20552076251321698

Nabil, N. Z.-I. N. M., Matore, M. E. E. M., & Zainal, M. S. (2026). Self-esteem and learning disabilities: A systematic review of psychological, social and educational interventions. *Iranian Journal of Public Health, 55*(1), 26–39. https://doi.org/10.18502/ijph.v55i1.20970

Nalugya, R., Nambejja, H., Nimusiima, C., Kawesa, E. S., van Hove, G., Seeley, J., & Bannink Mbazzi, F. (2023). Obuntu bulamu: Parental peer-to-peer support for inclusion of children with disabilities in Central Uganda. African Journal of Disability, 12, a948. https://doi.org/10.4102/ajod.v12i0.948

Schutz, M. A., & Carter, E. W. (2022). Elevating the employment outcomes of transition-age youth with disabilities: Four decades of intervention research. Journal of Vocational Rehabilitation. https://doi.org/10.3233/JVR-221194

Singleton, S. M. (2016). Transition outcomes of young adults with disabilities: A social cognitive career theory perspective [Doctoral dissertation, University of Southern Mississippi].

Taylor, J. P., Whittenburg, H. N., Avellone, L., Castruita Rios, Y., Park, S., Poppen, M., & Tansey, T. (2025). The impact of pre-employment transition and individualized vocational rehabilitation services on employment outcomes for youth with disabilities. Career Development and Transition for Exceptional Individuals. https://doi.org/10.1177/21651434241239967

U.S. Department of Education. (2024). Building and sustaining inclusive educational practices*. U.S. Department of Education.

NAMES OF BODIES OF WATER IN THE ARTIFICIAL LANGUAGE RO

Dr. Alan Reed LIBERT
Discipline of Linguistics, University of Newcastle, Callaghan, Australia/Department of English Language and Literature. Khazar University, Baku, Azerbaijan
Alan.Libert@newcastle.edu.au
ORCID: 0000-0003-1446-4183

Abstract

Ro is an artificial auxiliary language created by the Reverend Edward P. Foster. It is an *a priori* language, i.e. an artificial language (supposedly) built from scratch and not using components of natural languages (as Esperanto does). It is also a taxonomic language, i.e. a language in which words with related meanings are phonetically similar. In this paper I will look at a group of proper nouns in Ro, names of bodies of water. Although Foster wrote several books on Ro, to my knowledge, most of them do not contain such words; however, Foster (1913) does. All of these word begin with *bu*, which is the marker of words involving "physical geography" (p. 23). The word *buc* means 'body of water', and *bucab* means 'ocean'; the names of particular oceans are built on the latter, e.g. *Bucabat* 'Atlantic [Ocean]', *Bucabi* 'Indian [Ocean]'. It will be seen that these names are not completely *a priori*, as the *at* in the former apparently comes from the begining of *Atlantic* and the *i* in the latter from *Indian*. Names of smaller bodies of water are constructed along generally similar lines, but there is a marker of the continent which they are in (or of a continent which they touch), e.g. *bur* 'river', *bura* 'river of Asia', *Buraga* '[the] Ganges'. This paper will contribute to our understanding of onomastics in artificial languages.

Anahtar Keywords: Artificial languages, constructed languages, onomastics, hydronyms

1. INTRODUCTION

Ro is one of the large number of artificial auxiliary languages (i.e. languages meant to help with communication among speakers of different languages) which have been created in the past few centuries. It was designed and developed by the Rev. Edward P. Foster in the first third of the 20th century. Unlike better-known and more successful artificial languages such as Esperanto, it is (at least in principle) an *a priori* artificial language, i.e. it did not draw on natural languages in its construction; Foster (1913:10) says, "Ro ... is wholly *a priori*, in vocabulary as well as in grammar". (Languages which (mainly) use components of natural languages are known as *a posteriori* languages. Other *a prior* artificial auxiliary languages include Sona and Suma; see Libert (2000) for a description of features of various such languages (but note that it contains some errors, including some words of Babm and the name of the designer of Solresol, which should be *Sudre*, without an accent on the last vowel.)) However, as we will see, Ro is not entirely *a priori*.

Ro also belongs to the group of taxonomic artificial languages; in these languages words which are related in meaning are phonetically similar.

In this paper I will look at hydronyms (names of bodies of water) in Ro.

2. DATA AND ANALYSIS

In Figure 1 we see words for some bodies of water and other geographical features from Foster (1919). This work has no hydronyms, but we can see the taxonomic nature of the language – all of these words begin with *bu* (which starts words whose meaning involves "[p]hysical [g]eography" (Foster 1913:23)), and the first three, which are words for large bodies of water, begin with *buc*. If the language were completely systematic, one might expect words for all bodies of water to start with the same sequence, but some such words have a different third consonant, e.g. *s* in *bus* 'lake'. (Foster (1921) and Ro (1931) also do not contain any hydronyms.)

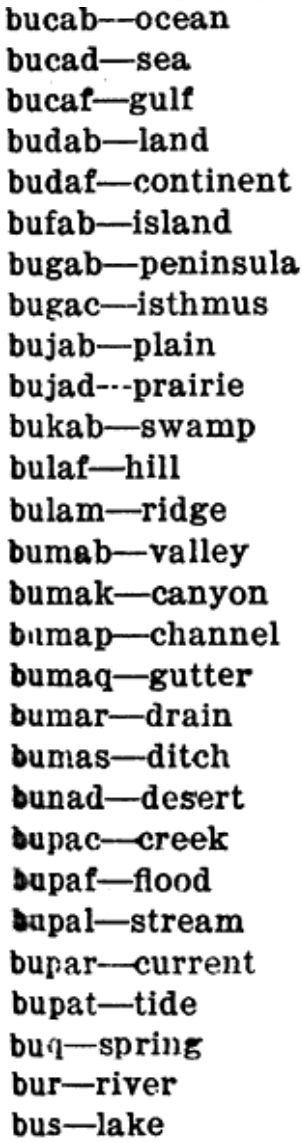


Figure 1. Foster (1919:11)

In Figure 2 are some words from an earlier work by Foster; it does contain some hydronyms. Here we see that *buc* means 'body of water'; when the sequence *ab* is added to it, we get the word for 'ocean', *bucab* (which we also saw in Figure 2). The names of particular oceans are created by adding sequences to the latter word, e.g. *Bucabat* 'Atlantic [Ocean]'. This word is not entirely *a priori*, as the sequences *at* presumably come from the beginning of *Atlantic*. The same general situation holds for the names of the other oceans, except that the word for 'Pacific' does not end with the begining of the English name of the ocean. Perhaps Foster thought that **Bucabpa* would be too difficult to pronounce, and chose as the ending the vowel whose letter is the closest in the alphabet to <p>, i.e. *o*.

buc—*body of water*
bucab—*ocean*
Bucaban—*Antarctic*
Bucabar—*Arctic*
Bucabat—*Atlantic*
Bucabi—*Indian*
Bucabo—*Pacific*
bucad—*sea*
bucada—*sea of Asia*
Bucadac—*Caspian Sea*
bucade—*sea of Europe*
Bucadem—*Mediterranean*

Figure 2. Foster (1913:23)

In Figure 2 we also see names of two seas, which are built (in an *a posteriori* manner) on the word for 'sea', *bucad*. However, there is an additional element in these words, a marker of a continent to which they are connected, *a* in the case of the word for the Caspian Sea and *m* in the case of the Mediterranean Sea. (These items also appear to be *a posteriori*.) In fact, there are words for 'sea of Asia' and 'sea of Europe', *bucada* and *bucade* respectively, to which the components meaning particular seas are added. However, note Figure 3, from a journal on Ro, in which *Mediterranean* is simply copied from English.



not eat;
or will
one had
ertainly
finitum.
rned, no
ady ac-
an lan-
rom any
national
g a half
vould be
or writ-
ue. The
re quite
Japanese
m into
European
vill take
s at ran-
an.
e otori
ere, e—
passage,

aze wo
)—(sign
a—have

kore wa
re—this,
nani—
one em-
gation.)
!—chitto
t, hai—

n any—

FILMING THE OCEAN FLOOR

DECERER BUCAB DUDAR

Dr.Hans Hartman, inventor of the automatic camera has invented the automatic deep-sea camera with which he has taken many pictures for the U. S. Government. It is motor driven, operates at a depth of 2,000 feet and takes both still and motion pictures. The Popular Science monthly tells of his going to use it on the U. S. expedition which is now aiding Count Prorok and others to film the ruins of Carthage and various sunken cities on the coast of north Africa, explore the bottom of the Mediterranean and perchance discover lost Atlantis.

DECERER BUCAB DUDAR

FILMING THE OCEAN FLOOR

Rilida Hans Hartman, ricima ate aqko bospad, ef ricem aqko giqobbucad bopad ir av ef hek gizofagapz is Cokoso Dacavz Vobam. Ag el paemal kadoo, vibep idh giqab ov exx gebradz ud hek udje kebnu ud Kebu fagapz. Sefok Rilac Tala romer ov ade ketcber eb vetes ag if Cokoso Dacavz kecal av el alit kisedet Rakad Prorok ud axarz eb decer kanalz ov Carthage ud kubrom kejnefo ducakz if budac ov derab Budgaf hefep degaf ate Maditerranean ud fofid riced huboo Atlantis.

Figure 3. *Roia* 19 (May 1925), p. 14

In Figure 4 are shown the word for ‘gulf’, which also begins with the sequence *buc*, and the word for ‘American gulf’. The latter ends with *u*, which, as we will see below, is also contained in words for American (including both North and South American) rivers. It could not be *a*, since that component is already used to mark Asian bodies of water.

bucaf—*gulf*
bucafu—*American gulf*
Bucafum—*Gulf of Mexico*

Figure 4. Foster (1913:23)

Now let us turn to names of rivers, shown in Figure 5. These words also begin with *bu*, but their third segment is *r* – perhaps another *a posteriori* item. Again we see the *a* marking places in Asia, and again we seen apparently *a posteriori* items, e.g. the *ga* of Buraga ‘Ganges’. We also see the affix *e*, marking places of Europe, and the affix *i*, marking places of Africa (again, *a* could not be used in the latter, since it is already employed to indicate features of Asia; these affixes are used with

other types of geographical feature, e.g. *bufa* ‘Asiatic island’, *Buface* ‘Ceylon’.) One might not be sure how to pronounce some of these names, e.g. *Burerhi* ‘Rhine’. (Note that silent letters are not supposed to exist in Ro (Foster 1913:15).)

bur—*river*
bura—*river of Asia*
Buraga—*Ganges*
Burajo—*Jordan*
Burale—*Lena*
Buraya—*Yangtse*
bure—*European river*
Bureda—*Danube*
Burerhi—*Rhine*
Burerho—*Rhone*
Buretha—*Thames*
Burevo—*Volga*
buri—*African river*
Buriko—*Kongo*
Burini—*Nile*
buru—*American river*
Buruam—*Amazon*
Burugra—*Rio Grande*
Burumip—*Mississippi*
Burumo—*Missouri*
Burusla—*St. Lawrence*

Figure 5. Foster (1913:24)Ş

In Figure 6 we see names of some lakes; these are consistent with what we have already seen.

bus—*lake*
busa—*Asiatic lake*
Busab—*Baikal*
buse—*European lake*
Busege—*Lake Geneva*
Busivi—*Victoria Nyanza*
Bususu—*Lake Superior*

Figure 6. Foster (1913:25)

There is again a name whose pronunciation one may not be certain about, *Busege*: the letter <g> stands for [g] (the so-called “hard g”) in Ro, but in English *Geneva* begins with [dʒ] (the “soft g”) (and in French *Genève* starts with [ʒ]).

3. CONCLUSION

The hydronyms of Ro are mainly *a priori*, but partly *a posteriori*. It would be interesting to compare them with hydronyms of other *a priori* artificial auxiliary languages.

REFERENCES

Foster, E. P. (1913) *Ru Ro*. World-Speech Press, Marietta, OH.

Foster, E. P. (1919) *Dictionary of Ro*. World-Speech Press, Marietta, OH.

Foster, E. P. (1921) *Roap*. The Ro Language Society, Waverly, WV.

Foster, E. P. (1931) *Ro-Latin-English Vocabularium Dictionary*. Roia, Waverly, WV.

Libert, A. (2000) *A Priori Artificial Languages*. Lincom Europa, Munich.

40 GÜNLÜK BEKÇİ MELEZİ KÖPEK FETÜSLERİNDE KUYRUK OMURLARININ GELİŞİMİ VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Prof.Dr. Şükrü Hakan ATALGIN[1]

[1]**Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID** 0000-0001-9436-6270

Özet

Bu çalışmada, köpek fetüslerinde gebeliğin 40. gününde kuyruk omurlarının gelişimsel özelliklerinin ve ossifikasyon durumunun değerlendirilmesi amaçlandı. Köpeklerde fetal iskelet gelişimi, özellikle columna vertebralis'in gelişimi, embriyonal ve fetal dönemde meydana gelen morfolojik değişikliklerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Çalışmada kuyruk omurlarının corpus vertebra, arcus vertebra ve processus vertebralis'larının gelişim durumları değerlendirilerek ossifiye ve kıkırdak yapıların birbirinden ayrılması amaçlandı. Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde kemik ve kıkırdak dokunun farklı şekilde boyanmasına olanak sağlayan çift boyama yöntemleri önemli bir morfolojik yaklaşım oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada Alcian Blue ve Alizarin Red S kullanılarak kıkırdak ve kemik dokularının eş zamanlı değerlendirilmesiyle kuyruk omurlarındaki ossifikasyon merkezlerinin gelişim durumu ortaya konulmuştur. Uygun solüsyonlarda saklanan kemiklerin diseksiyonları yapıldı. Stereomikroskop ve dijital kamera ile fotoğrafları çekildi. Diseke edilen kemiklerden 150 mm'lik mitutoyo marka kumpas ile ölçümler alındı. 40 günlük bekçi köpeği melezinin kuyruk kemiklerinin hepsinde primer ossifikasyon merkezine sahip olduğu gözlendi. Köpeklerde ossifikasyonun kranialden kaudale doğru ilerlediği ve gebeliğin 40. gününde son ikisi hariç kuyruk omurlarının vertebral cisimlerinde primer ossifikasyon merkezlerinin belirginleştiği gözlendi. Bu çalışmada elde edilen köpek fetüsü bulgularının, farklı evcil memeli türlerindeki vertebral gelişim modelleriyle karşılaştırılması, köpeklerde kuyruk omurlarının fetal gelişiminin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Double boyama, fetus, köpek, morfoloji, ossifikasyon, vertebra caudales.

DEVELOPMENT AND MORPHOLOGİCAL CHARACTERİSTİCS OF CAUDAL VERTEBRAE İN 40-DAY-OLD CROSSBREED GUARD DOG FETUSES

Prof.Dr. Şükrü Hakan ATALGIN[1],

[1]Balıkesir University Faculty of Veterinary Medicine, sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID 0000-0001-9436-6270

Abstract

In this study, it was aimed to evaluate the developmental characteristics and ossification status of the caudal vertebrae on the 40th day of gestation in dog fetuses. Fetal skeletal development in dogs, particularly the development of the *columna vertebralis*, is of importance in terms of determining the morphological changes occurring during the embryonic and fetal periods. The study aimed to differentiate ossified and cartilaginous structures by evaluating the developmental status of the *corpus vertebrae*, *arcus vertebrae*, and *processus vertebralis* of the caudal vertebrae. Double staining methods, which enable differential staining of bone and cartilage tissues, represent a crucial morphological approach in evaluating fetal skeletal development. In this study, the developmental status of the ossification centers in the caudal vertebrae was demonstrated through the simultaneous evaluation of cartilage and bone tissues using Alcian Blue and Alizarin Red S. The bones preserved in appropriate solutions were dissected. Photographs were taken using a stereomicroscope and a digital camera. Measurements were obtained from the dissected bones using a 150 mm Mitutoyo caliper. Primary ossification centers were observed in all caudal bones of the 40-day-old crossbreed guard dog fetus. It was observed that ossification in dogs progresses in a cranio-caudal direction, and on the 40th day of gestation, primary ossification centers became distinct in the vertebral bodies of the caudal vertebrae, with the exception of the last two. Comparing the canine fetus findings obtained in this study with vertebral development models in different domestic mammalian species will contribute to a better understanding of the fetal development of caudal vertebrae in dogs.

Keywords: Caudal vertebrae, dog, double staining, fetus, morphology, ossification.

1.GİRİŞ

Vertebral kolon, embriyonik ve fetal dönemde gelişimi devam eden önemli bir iskelet yapısıdır. Vertebraların gelişimi sırasında corpus vertebra, arcus vertebra ve processus vertebralis'larının farklılaşması ile birlikte primer ve sekonder ossifikasyon merkezleri meydana gelmektedir. Bu nedenle ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkış zamanı ve lokalizasyonu, fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde önemli göstergeler arasında kabul edilmektedir.

Fetal iskelet gelişiminin incelenmesinde radyografi, bilgisayarlı tomografi, ultrasonografi ve histolojik yöntemlerin yanında çift boyama tekniklerinden de yararlanılmaktadır. Kemik dokunun Alizarin Red S ile, kıkırdak dokunun ise Alcian Blue ile boyanması, fetal iskeletin aynı örnek üzerinde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Kimmel ve Trammel, 1981). Bu yöntem, özellikle fetal dönemde henüz tamamen ossifiye olmamış vertebral yapıların değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde çift boyama yönteminin farklı deney hayvanlarında başarılı şekilde kullanıldığı bildirilmiştir (Inouye, 1976; Webb ve Byrd, 1994; Redfern ve David, 2007; Atalgin ve ark. 2007; Atalgin ve ark. 2009).

Vertebral kolon boyunca ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkışı belirli bir gelişimsel sıra izlemektedir. İnsan ve bazı evcil hayvan türlerinde vertebral ossifikasyonun torakal ve lumbar bölgelerden başlayarak kranial ve kaudal yönde ilerlediği bildirilmiştir (Bagnall ve ark., 1977; Williams ve ark., 1989). Bununla birlikte, farklı türlerde ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkış zamanı ve gelişim hızı farklılık gösterebilmektedir.

Kuyruk omurları vertebral kolonun en kaudal bölümünü oluşturmakta ve türlere göre sayı ve morfoloji bakımından farklılık göstermektedir. Kuyruk vertebralarının ilk bölümleri genellikle daha gelişmiş vertebral yapılara sahipken, kaudal yönde ilerledikçe vertebral cisim ve arkların daha basit hale geldiği bildirilmektedir. Tavşanlarda kuyruk omurları proksimal, orta ve distal olmak üzere üç gelişimsel bölgeye ayrılmıştır. Proksimal bölge birinci-beşinci, orta bölge altıncı-dokuzuncu ve distal bölge ise onuncu omurdan sonraki vertebralardan oluşmaktadır (Kamal ve ark., 2016).

Tavşanlarda prenatal dönemde kuyruk vertebralarının gelişiminin erken dönemde başladığı bildirilmiştir. Gebeliğin 16. gününde her bir vertebral primordiyumun yoğun kranial ve daha gevşek kaudal bölümden oluştuğu, 19. günde ise vertebral

cisimlerin uzadığı ve orta bölümlerinde daralma meydana geldiği belirtilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Bu dönemde nöral processus'ların kıkırdak yapıda olduğu ve pediküllerin kısa, laminaların ise daha uzun olduğu bildirilmiştir.

Tavşanlarda gebeliğin 22. gününde ilk dokuz kuyruk omurunun vertebral cisimlerinin orta bölümünde primer ossifikasyon merkezleri belirlenmiş ve aynı dönemde her bir pedikülde de primer ossifikasyon merkezi ortaya çıkmıştır. Gebeliğin 25. gününde ise ilk dokuz kuyruk vertebrasının pediküllerinde kısmi ossifikasyon görülürken, 10–14. vertebralarda vertebral cisimlerin orta bölümünde ossifikasyon başlamış; 15–26. vertebralarda ise vertebral cisimlerin kıkırdak yapısını koruduğu bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016).

Postnatal dönemde de kuyruk omurlarının ossifikasyonunun devam ettiği gösterilmiştir. Tavşanlarda doğumdan bir hafta sonra ilk beş kuyruk vertebrasının vertebral cisimlerinde orta bölümde ossifikasyon görülürken, daha distal vertebralarda da primer ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkmaya başladığı bildirilmiştir. Doğumdan iki hafta sonra ise ossifikasyonun nöral arklara ve processus articularislerin proksimal bölümlerine doğru ilerlediği belirtilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Üçüncü postnatal ayda kaudal bölgedeki vertebraların tamamında ossifikasyonun tamamlandığı bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016).

Köpeklerde fetal iskelet gelişimi açısından ossifikasyon merkezlerinin kronolojik olarak ortaya çıkışı, gelişimi ve sinostozu radyografik yöntemlerle incelenmiştir. Boccadoro ve ark. (1972), yavru köpeklerde iskelet ossifikasyon merkezlerinin doğum sonrasında ortaya çıkışını ve gelişimini değerlendirmiştir. Bu çalışma, köpek iskeletinin gelişimsel anatomisinin belirlenmesi açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Kuyruk omurlarının gelişimsel özelliklerinin ortaya konulması, yalnızca normal fetal gelişimin anlaşılması açısından değil, aynı zamanda vertebral gelişim bozukluklarının değerlendirilmesi bakımından da önemlidir. Bu nedenle farklı gebelik dönemlerinde kuyruk vertebralarında meydana gelen morfolojik değişikliklerin belirlenmesi, köpeklerde fetal iskelet gelişiminin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

Bu çalışmanın amacı, 40 günlük köpek fetüslerinde kuyruk omurlarının morfolojik gelişim durumunu değerlendirmek ve vertebral cisim, nöral ark ve processus'ların gelişim özelliklerini ortaya koymaktır. Ayrıca elde edilen bulguların, farklı memeli türlerinde özellikle tavşanda bildirilen kuyruk vertebralarının gelişim özellikleri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2.MATERYAL METOT

Çalışmanın materyalini gebeliğin 40. gününde elde edilen köpek fetüsleri oluşturdu. Fetüslerin kuyruk bölgeleri, vertebral kolonun kaudal bölümündeki morfolojik yapıların değerlendirilebilmesi amacıyla incelendi. Gebelik yaşı, çalışmada kullanılan materyalin elde edildiği gebelik sürecine göre 40 gün olarak kabul edildi. Fetüslerin kuyruk bölgesinde vertebral cisimler, arcus vertebrae ve processus'ların gelişim durumları değerlendirildi.

Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde kemik ve kıkırdak dokularının eş zamanlı olarak gösterilmesine olanak sağlayan Alcian Blue-Alizarin Red S çift boyama yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde Alcian Blue kıkırdak dokuyu, Alizarin Red S ise mineralize kemik dokuyu göstermektedir (Inouye, 1976; Kimmel ve Trammel, 1981; Atalgin ve ark. 2007, Atalgin ve ark. 2009).

Kamal ve ark. (2016), tavşan fetüslerinde sakrum ve kuyruk omurlarının gelişimini değerlendirmek amacıyla Alcian Blue-Alizarin Red S çift boyama yöntemini kullanmışlardır. Mineralizasyon aşamalarını gözlemlemek amacıyla, uzuvlar alcian mavisi (300 mg alcian mavisi ve 100 ml %70 etanol) ve alizarin kırmızısı (100 mg alizarin kırmızısı ve 100 ml %95 etanol) içeren bir son çözeltide boyanmıştır. Bu çözelti, 100 ml glasiyel asetik asit ve 1700 ml %70 etanol eklenerek hazırlanmıştır. Uzuvlar, 40 °C'de bir fırında dört gün boyunca karışık boyama çözeltisinde inkübe edilmiş ve ardından akan su altında 2 saat yıkanmıştır. Yıkama işleminin ardından %2 KOH içeren bir kapta saklanmışlardır. Ayrıca, uzuvlar %20 gliserin ve %1 KOH ile temizlenmiş ve %50 ve %80 gliserin içinde 7 gün inkübe edilmiştir. Son olarak, %100 gliserin çözeltisinde muhafaza edilmişlerdir. Çalışmada prenatal örnekler %95 etil alkolde fikse edilmiş, yağ dokusunun uzaklaştırılmasından sonra farklı konsantrasyonlarda KOH kullanılarak maserasyon gerçekleştirilmiştir (Kamal ve ark., 2016).

Çift boyama sonrasında örnekler stereomikroskop altında incelenerek kuyruk omurlarının gelişimsel özellikleri değerlendirildi. Kemikleşmiş bölgeler ile kıkırdak yapıların dağılımı kaydedildi.

3.BULGULAR

Kuyruk omurları kranialden kaudale doğru değerlendirilerek vertebral cisimlerin gelişim durumu incelendi (Şekil 1). Bunun yanında nöral arkın pedikül ve lamina bölümleri ile processus'ların gelişim özellikleri değerlendirildi. Ossifikasyon

merkezlerinin lokalizasyonu ve yayılımı belirlenerek kuyruk boyunca kraniokaudal gelişim paterni değerlendirildi. Bulgular literatürde farklı memeli türleri için bildirilen gelişimsel veriler ile karşılaştırıldı. 40 günlük köpek fetüslerinin kuyruk bölgesinin incelenmesi sonucunda, kuyruk omurlarının kranialden kaudale doğru morfolojik açıdan farklı gelişim düzeylerinde olduğu görüldü.



Şekil 1. 40 Günlük Bekçi Melezi Köpek Fetüslerinde Kuyruk Omurlarının Gelişimi

Kuyruğun cranial bölümünde yer alan vertebral yapıların, caudalde bulunan vertebralara göre daha belirgin morfolojik özellikler gösterdiği değerlendirildi. Cranial kuyruk omurlarında vertebral cisimlerin daha belirgin olduğu ve nöral ark oluşumunun daha ileri gelişim gösterdiği gözlendi. Toplam 18 vertebra için gelişim saptandı. Caudale doğru ilerledikçe 5-6 omurda nispeten kemikleşmenin yeni başladığı gözlendi. Özellikle en sona doğru gittikçe omurların daha da küçüldüğü ve kemikleşme merkezlerinin daha ufak gözlendiği saptandı.

Vertebral cisimlerin orta bölümünde ossifikasyon merkezi tespit edildi. Bu bölgelerde kırmızı/mineralize kemik alanı belirgin olarak ayırt edildi. Nöral arkın pedikül bölümünde cranial kısımda tam bir omura benzer yapı gözlenirken, cudale doğru bu omur görüntüsünün farklılaştığı saptandı.Processus'ların gelişim düzeyleri vertebral kolondaki konumlarına göre farklılık göstermekteydi. Kuyruğun daha distal bölümlerine doğru vertebral yapıların daha basit bir morfoloji gösterdiği ve ossifikasyonun kranialden kaudale doğru ilerlediği değerlendirildi.

4.TARTIŞMA

Vertebral kolonun fetal gelişimi sırasında meydana gelen ossifikasyon, iskelet sisteminin olgunlaşmasının önemli göstergelerinden biridir. Vertebral cisim ve nöral arkın farklı bölümlerinde ossifikasyon merkezlerinin farklı zamanlarda ortaya çıkması, vertebral gelişimin aşamalı bir süreç olduğunu göstermektedir (Bagnall ve ark., 1977).

Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde Alcian Blue-Alizarin Red S çift boyama yönteminin kullanılması, kıkırdak ve mineralize kemik dokusunun aynı örnek üzerinde ayırt edilmesini sağlamaktadır (Kimmel ve Trammel, 1981). Bu nedenle yöntem, özellikle henüz tamamen ossifiye olmamış fetal vertebraların incelenmesi açısından yararlıdır. Tavşanlarda sakrum ve kuyruk gelişiminin incelendiği çalışmada da bu yöntem kullanılmış ve prenatal dönem boyunca ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkışı ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir (Kamal ve ark., 2016).

Tavşanlarda kuyruk vertebralarının gelişiminin erken prenatal dönemde başladığı bildirilmiştir. Gebeliğin 16. gününde vertebral primordiyumların kranial ve kaudal bölümlerden oluştuğu, 19. günde ise vertebral cisimlerin uzayarak karakteristik morfolojik özellikler kazanmaya başladığı belirtilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Bu bulgular, kuyruk

vertebralarının ossifikasyon başlamadan önce belirgin bir kondrogenez ve morfolojik farklılaşma sürecinden geçtiğini göstermektedir.

Tavşanda ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkışında belirgin bir kraniokaudal ilerleme gözlenmiştir. Gebeliğin 22. gününde ilk dokuz kuyruk vertebrasının vertebral cisimlerinin orta bölümünde primer ossifikasyon merkezi bulunurken, aynı vertebraların pediküllerinde de ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıktığı bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Buna karşılık 10–14. vertebralarda vertebral cisimlerin ossifikasyonu daha sonraki prenatal dönemde belirginleşmiş ve 15–26. vertebralarda ossifikasyonun daha ileri dönemlere kaldığı gösterilmiştir (Kamal ve ark., 2016).

Bu durum, kuyruk vertebralarında gelişimin kranialden kaudale doğru ilerlediğini göstermektedir. Çalışmamızda 40 günlük köpek fetüslerinde elde edilen bulguların değerlendirilmesinde de bu gelişimsel gradient göz önünde bulundurulmuştur. Ancak köpek ve tavşanın gebelik sürelerinin birbirinden farklı olması nedeniyle, iki türde aynı gebelik gününde gözlenen gelişim düzeylerinin doğrudan eşdeğer kabul edilmesi uygun değildir.

Vertebral ossifikasyonun türler arasında farklı zamanlarda ortaya çıkması beklenen bir durumdur. İnsanlarda vertebral kolonun ossifikasyon merkezlerinin gelişimi ile ilgili radyografik çalışmalarda, ossifikasyonun torakal ve lumbar bölgelerde başlayarak kranial ve kaudal yönlerde ilerlediği bildirilmiştir (Bagnall ve ark., 1977). Tavşanda ise sakral vertebralardaki primer ossifikasyon merkezlerinin gebeliğin 22. gününde belirginleştiği ve kuyruk vertebralarında da benzer şekilde kraniokaudal bir gelişim paterni bulunduğu bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016).

Köpeklerde iskelet ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkışı ve gelişimi üzerine yapılan radyografik çalışmalarda, ossifikasyon merkezlerinin postnatal dönemde kronolojik olarak ortaya çıktığı ve gelişimini sürdürdüğü bildirilmiştir (Boccadoro ve ark., 1972). Bu nedenle 40 günlük fetal dönemde gözlenen vertebral yapıların, doğum sonrası devam eden ossifikasyon sürecinin erken aşamalarını temsil ettiği düşünülebilir.

Bununla birlikte, köpeklerde özellikle 40. gebelik gününde kuyruk vertebralarının tek tek morfolojik gelişim basamaklarını ortaya koyan çalışmaların sınırlı olması, bu çalışmanın önemini artırmaktadır. Elde edilen bulgular, köpek fetal vertebral gelişiminin kronolojik olarak değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Tavşan çalışmasında postnatal dönemde ossifikasyonun vertebral cisimlerden nöral arka ve processus'lara doğru ilerlediği gösterilmiştir. Doğumdan bir hafta sonra ilk beş kuyruk vertebrasının vertebral cisimlerinde belirgin ossifikasyon görülürken, nöral ark ossifikasyonunun pedikülden laminaya doğru genişlediği bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016). İki haftalık dönemde ossifikasyonun processus articularislerin proksimal kısımlarına kadar ilerlediği, buna karşılık processus transversusların kıkırdak yapısını koruduğu belirtilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Bu bulgular, vertebral ossifikasyonun yalnızca kraniokaudal yönde değil, aynı zamanda vertebra içerisinde de belirli bir sıra izlediğini göstermektedir. Tavşanda üçüncü postnatal ayda kaudal bölgedeki vertebraların tamamında ossifikasyonun tamamlandığı bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Bu durum, prenatal dönemde başlayan vertebral gelişimin doğumdan sonra da uzun süre devam ettiğini göstermektedir.

Kuyruk vertebralarının morfolojisi de türler arasında farklılık göstermektedir. Tavşanda ilk dört veya beş kuyruk vertebrasının daha gelişmiş transverse processuslara sahip olduğu, daha distal vertebraların ise giderek basitleştiği ve en posterior vertebraların yalnızca genişlemiş uçlara sahip kemik çubukları şeklinde bulunduğu bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Bu bulgular, kuyruk vertebralarının distal yönde morfolojik olarak sadeleştiğini göstermesi bakımından önemlidir. Çalışmamızdaki bulgular da genel olarak bu çalışma ile uygundur.

Çalışmamızda köpek fetüslerinde gözlenen morfolojik özellikler bu açıdan değerlendirildiğinde, kuyruk vertebralarının cranialden caudale doğru gelişim gösterdiği saptanmıştır.

Çift boyama yönteminin kullanılması, özellikle fetal dönemde kemikleşmiş ve kıkırdak yapıların birbirinden ayrılması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle köpek fetüslerinde farklı gebelik dönemlerinin incelendiği ileriki çalışmalarda aynı yöntemin kullanılması, ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkış zamanlarının belirlenmesine olanak sağlayabilir.

5.SONUÇ

Bu çalışmada 40 günlük köpek fetüslerinde kuyruk omurlarının gelişimsel özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kuyruk vertebralarının fetal dönemde morfolojik olarak farklılaşmaya devam ettiği ve ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkışının vertebral kolon boyunca belirli bir gelişimsel sıra izlediği görülmektedir.

Literatürde tavşanlarda kuyruk vertebralarının gelişiminin erken prenatal dönemde başladığı ve primer ossifikasyon merkezlerinin kranialden kaudale doğru ilerlediği bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2016). Köpeklerde ise iskelet ossifikasyon merkezlerinin gelişimi prenatal dönemden postnatal döneme kadar devam eden bir süreçtir (Boccadoro ve ark., 1972).

Kuyruk vertebralarının gelişiminde vertebral cisim, pedikül, lamina ve processus'ların aynı anda ossifiye olmadığı, bu yapıların farklı gelişim zamanlarına sahip olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle 40 günlük köpek fetüslerinde elde edilen bulgular, vertebral kolonun fetal gelişiminin değerlendirilmesinde önemli bir aşamayı temsil etmektedir.

Sonuç olarak, köpeklerde farklı fetal dönemlerde kuyruk vertebralarının morfolojik olarak incelenmesi, normal vertebral gelişim sürecinin ortaya konulmasına ve gelişimsel anomalilerin daha erken dönemde tanımlanmasına katkı sağlayacaktır.

6.KAYNAKLAR

Atalgın, H., Kürtül, I., & Bozkurt, E. U. (2007). Postnatal osteological development of hyoid bone in the New Zealand White Rabbit. *Veterinary Research Communications*, 31, 653-660.

Atalgın, Ş. H., & Kürtül, I. (2009). A morphological study of skeletal development in Turkey during the prehatching stage. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 38, 23-30.

Bagnall, K.M., Harris, P.F., Jones, P.R.M. (1977). A radiographic study of the fetal spine. 2. The sequence of development of ossification centers in the vertebral column. *Journal of Anatomy*, 124, 791–802.

Boccadoro, B., Leonardi, L., Calvari, A.R. (1972). Radiographic study of skeletal ossification in the puppy. Chronological appearance, after birth, of the ossification centres, their development and synostosis. *Veterinaria Milano*, 21(4), 176–203.

Inouye, M. (1976). Differential staining of cartilage and bone in mouse skeleton by Alcian Blue and Alizarin Red S. *Congenital Anomalies*, 16, 171–173.

Kamal, B., Rashed, R.F., Erasha, A. (2016). Development of the Sacrum and Tail in the white New Zealand Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 51(1), 147–154. doi:10.5455/ajvs.239958.

Kimmel, C.A., Trammel, C. (1981). A rapid procedure for routine double staining of cartilage and bone in fetal and adult animals. *Stain Technology*, 56, 271–273.

Redfern, B.G., David, W.L. (2007). High-throughput staining for the evaluation of fetal skeletal development in rats and rabbits. *Veterinaria Milano*, 80(3), 177–182.

Webb, G.N., Byrd, R.A. (1994). Simultaneous differential staining of cartilage and bone in rodent fetuses: An Alcian Blue and Alizarin Red S procedure without glacial acetic acid. *Biotechnic & Histochemistry*, 69, 181–185.

Williams, P., Warwick, R., Dyson, M. (1989). *Gray's Anatomy*. Edinburgh: Churchill Livingstone.

40 GÜNLÜK KÖPEK FETÜSLERİNDE STERNUMUN GELİŞİMİ VE OSSİFİKASYON DURUMU

Prof.Dr. Şükrü Hakan ATALGIN[1]

[1]**Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID** 0000-0001-9436-6270

1.ÖZET

Bu çalışmada, köpeklerde prenatal dönemin 40. gününde sternumun morfolojik gelişimi ve ossifikasyon durumu değerlendirildi. Sternum, toraksın ventral duvarını oluşturan ve kardiyopulmoner yapıların korunmasına ve toraksın solunum hareketlerine katkı sağlayan segmentli bir kemik yapıdır. Erişkin köpeklerde sternum tipik olarak sekiz sternal segmentten (sternebra) oluşmaktadır. Sternumun gelişimi kranialden kaudale doğru ilerlemektedir. Köpeklerde bu bilateral sternal yapıların birleşmesinin gebeliğin yaklaşık 25. gününde başladığı ve sternumun ossifikasyonunun yaklaşık 40. günde başladığı bildirilmiştir. Ossifikasyonun kostal kıkırdakların sternuma bağlandığı bölgelerde inhibe olması, sternebralar arasında intersternebral kıkırdakların oluşmasına neden olmaktadır. Fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde kemik ve kıkırdak dokunun farklı şekilde boyanmasına olanak sağlayan çift boyama yöntemleri önemli bir morfolojik yaklaşım oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada Alcian Blue ve Alizarin Red S kullanılarak kıkırdak ve kemik dokularının eş zamanlı değerlendirilmesiyle sternumdaki ossifikasyon merkezlerinin gelişim durumu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada 40 günlük köpek fetüslerinde sternumun gelişimsel durumu incelenerek manubrium sterni, corpus sterni, sternebrae ve processus xiphoideus'un gelişimi değerlendirildi. Elde edilen bulgular, köpek sternumunda ossifikasyonun başlaması açısından literatürde bildirilen 40. gebelik günü ile karşılaştırıldı. Çalışmanın, köpeklerde prenatal sternal gelişimin morfolojik özelliklerinin ortaya konulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Double staining, fetüs, kemik, köpek, ossifikasyon, sternum.

DEVELOPMENT AND OSSIFICATION STATUS OF THE STERNUM IN 40-DAY-OLD DOG FETUSES

Prof.Dr. Şükrü Hakan ATALGIN[1],

[1]Balıkesir University Faculty of Veterinary Medicine, sukruhakan@balikesir.edu.tr ORCID 0000-0001-9436-6270

Abstract

In this study, the morphological development and ossification status of the sternum on the 40th day of the prenatal period in dogs were evaluated. The sternum is a segmented bone structure that forms the ventral wall of the thorax, contributing to the protection of cardiopulmonary structures and thoracic respiratory movements. In adult dogs, the sternum typically consists of eight sternal segments (sternebrae). Sternal development progresses in a cranio-caudal direction. In dogs, the fusion of these bilateral sternal bands has been reported to begin around day 25 of gestation, with sternal ossification initiating at approximately day 40. The inhibition of ossification at sites where costal cartilages attach to the sternum leads to the formation of intersternebral cartilages between the sternebrae. Double staining methods, which allow differential staining of bone and cartilage tissues, represent an essential morphological approach for evaluating fetal skeletal development. In this study, the development of ossification centers in the sternum was demonstrated through simultaneous evaluation of cartilage and bone tissues using Alcian Blue and Alizarin Red S. The developmental status of the sternum was examined in 40-day-old dog fetuses, evaluating the development of the *manubrium sterni*, *corpus sterni*, *sternebrae*, and *processus xiphoideus*. The findings were compared with the 40th gestational day reported in the literature regarding the onset of ossification in the canine sternum. This study is considered to contribute to revealing the morphological characteristics of prenatal sternal development in dogs.

Keywords: Bone, dog, double staining, fetus, ossification, sternum.

2.GİRİŞ

Sternum, toraksın ventral bölümünde yer alan ve göğüs kafesinin ventral duvarının oluşumuna katılan önemli bir iskelet yapısıdır. Sternum, intratorasik kardiyopulmoner yapıların korunmasının yanı sıra toraksın stabilitesi ve solunum hareketlerinin gerçekleştirilmesinde de rol oynamaktadır (Getty, 1975; de Lahunta ve ark., 2019; Singh, 2018). Küçük hayvanlarda sternum sekiz sternebra segmentinden oluşan segmentli bir kemik yapı şeklinde tanımlanmaktadır (Getty, 1975; König ve Liebich, 2020).

Köpek sternumunun cranial bölümünde manubrium sterni yer almakta ve bu yapı diğer sternal segmentlere göre daha geniş ve uzun bir morfoloji göstermektedir. Manubrium sterni, birinci çift kaburganın kostal kıkırdaklarının bağlantı bölgesini oluştururken, sternum gövdesi altı adet sternebradan oluşmaktadır. En caudal sternal segment processus xiphoideus olarak adlandırılmakta ve caudale doğru processus xiphoideus kıkırdağı ile devam etmektedir (Getty, 1975; de Lahunta ve ark., Dursun, 2011; 2019; Van den Broek ve ark., 2023).

Sternebrae birbirleriyle intersternebral kıkırdaklar aracılığıyla bağlantı oluşturmakta ve bu bağlantılar synchondroses sternales olarak tanımlanmaktadır (de Lahunta ve ark., 2019; Singh, 2018; Van den Broek ve ark., 2023). Sternumun bu segmentli yapısı, prenatal dönemde gerçekleşen gelişimsel süreçlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Sternumun embriyolojik gelişimi bilateral mezodermal sternal barların birleşmesiyle gerçekleşmektedir. Köpeklerde bu sternal barların birleşmesinin gebeliğin yaklaşık 25. gününde başladığı bildirilmiştir. Birleşmenin cranialde manubrium sterni bölgesinden başladığı ve caudale doğru ilerleyerek processus xiphoideus bölgesinde tamamlandığı belirtilmektedir (Van den Broek ve ark., 2023).

Prenatal iskelet gelişiminin önemli aşamalarından biri ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkmasıdır. Ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkış zamanı, fetal iskelet gelişiminin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak kullanılmaktadır. Fetal iskelet gelişiminde kemik ve kıkırdak dokuların birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayan çift boyama yöntemlerinin de kullanılabildiği bildirilmiştir. Köpeklerde sternum ossifikasyonunun yaklaşık 40. gebelik gününde başladığı bildirilmektedir (van den Broek ve ark., 2023). Ossifikasyonun kaburgaların sternuma bağlandığı bölgelerde bulunmaması sonucunda, bireysel sternebrae arasında intersternebral kıkırdakların oluştuğu belirtilmektedir. Bununla

birlikte, birinci kaburga çiftinin kostal kıkırdakları son kaburgalardan farklı olarak ossifiye manubrium sterni ile eklem oluşturmaktadır (Van den Broek ve ark., 2023).

Sternal gelişimin prenatal dönemde normal şekilde gerçekleşmesi, erişkin dönemde sternumun karakteristik segmentli yapısının oluşması açısından önemlidir. Sternal barların birleşmesindeki bozukluklar, anomalik kaburgalar ve kaburgaların düzensiz appozisyonu sternebrae ve sternum gövdesinde çeşitli morfolojik değişikliklere neden olabilmektedir (Van den Broek ve ark., 2023).

Erişkin köpeklerde sternal anomalilerin oldukça çeşitli olabileceği bildirilmiştir. Van den Broek ve ark. (2023) tarafından 777 köpek üzerinde gerçekleştirilen radyografik çalışmada 189 köpekte (%24) sternal anormallik saptanmıştır. En sık gözlenen değişikliklerin intersternebral kıkırdak bölgelerinde meydana geldiği ve bu değişikliklerin çoğunlukla dejeneratif özellikte olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada 62 köpekte (%8) normal kabul edilen sekiz sternebra sayısından farklı sayıda sternal segment tespit edilmiştir. Kırk köpekte yedi, dört köpekte altı ve bazı köpeklerde ise daha az sayıda sternebra bulunurken, 16 köpekte dokuz sternebra tespit edilmiştir (Van den Broek ve ark., 2023). Bu bulgular, prenatal dönemde sternebrae'nin oluşum ve segmentasyon sürecinin erişkin dönemde gözlenen anatomik varyasyonların oluşumunda önemli olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmanın amacı, 40 günlük köpek fetüslerinde sternumun morfolojik gelişimini ve ossifikasyon durumunu değerlendirmek, sternal segmentlerin gelişim özelliklerini ortaya koymak ve elde edilen bulguları literatürde bildirilen prenatal sternal gelişim süreci ile karşılaştırmaktır.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, 40 günlük bekçi köpeği melezinin vertebra caudalis'i incelenmiştir. Yaşları, Evans, Sack (1973) ve Hare'nin (1963) çalışmalarında önerilen baş-kuyruk uzunluğu (CRL) ölçümleri kullanılarak belirlenmiştir. Yaklaşık 40 günlük ve 160-210 mm uzunluğunda oldukları tespit edilmiştir. Köpeklerden elde edilen örnekler %10 formaldehit dolu kaplarda saklanmışlardır.

Mineralizasyon aşamalarını gözlemlemek amacıyla, uzuvlar alcian mavisi (300 mg alcian mavisi ve 100 ml %70 etanol) ve alizarin kırmızısı (100 mg alizarin kırmızısı ve 100 ml %95 etanol) içeren bir çözeltide boyanmıştır. Bu çözelti, 100 ml glasiyel asetik asit ve 1700 ml %70 etanol eklenerek hazırlanmıştır. Materyaller, 40 °C'de bir fırında dört gün boyunca boyama çözeltisinde inkübe edilmiş ve ardından akan su altında 2 saat yıkanmıştır. Yıkama işleminin ardından %2 KOH içeren bir kapta saklanmışlardır. Ayrıca, materyaller %20 gliserin ve %1 KOH ile temizlenmiş ve %50 ve %80 gliserin içinde 7 gün inkübe edilmiştir. Son olarak, %100 gliserin çözeltisinde muhafaza edilmişlerdir. Bu boyama prosedürü, daha önce geliştirilmiş boyama protokolü uyarlanarak daha da modifiye edilmiştir (Atalgın, H. ve ark., 2007).

4.BULGULAR

40 günlük köpek fetüslerinde sternumun toraksın ventral orta hattında yer aldığı ve cranialden caudale doğru uzanan segmentli bir yapı şeklinde geliştiği gözlendi (Şekil 1). Cranial bölümde manubrium sterni'yi oluşturan bölümlerin daha iyi geliştiği belirlendi. Manubrium sterni'ni takip eden sternal segmentlerde de ossifiye yapıların bulunduğu gözlendi.

Sternumun corpus sterni bölümünde 8 adet gelişmekte olan sternebra ayırt edildi. Sternebrae arasında belirsiz intersternebral kıkırdak bölgeleri gözlendi. Ossifikasyon açısından değerlendirildiğinde, sternal bölgelerde caudal bölümde daha belirgin ossifikasyon alanları gözlenirken, son strenebra'nın daha ince ve daha uzun şekillendiği gözlendi. Orta bölge de ise kemiklerin daha hacimli olduğu tespit edildi.

Çift boyama yapılan örneklerde Alizarin Red S ile boyanan alanların mineralize kemik dokusunu, Alcian Blue ile boyanan alanların ise kıkırdak dokusunu temsil ettiği değerlendirildi. Ossifikasyon merkezlerinin sternum boyunca gözlendiği, son sternebra hariç arka segmentlerde yoğunlaştığı gözlendi.



Şekil 1. 40 günlük fetüslerde sternum'un gelişim durumu.

5.TARTIŞMA

Sternumun prenatal gelişimi, bilateral mezodermal sternal barların birleşmesiyle gerçekleşmektedir. Köpeklerde bu birleşmenin gebeliğin yaklaşık 25. gününde başladığı ve cranialde manubrium sterni bölgesinden başlayarak caudale, processus xiphoideus yönünde ilerlediği bildirilmiştir (Van den Broek ve ark., 2023). Bu gelişimsel süreç, 40 günlük fetüslerde sternumun segmentli yapısının belirginleşmiş olmasını açıklamaktadır.

Köpeklerde sternal ossifikasyonun yaklaşık 40. gebelik gününde başlaması (Van den Broek ve ark., 2023), mevcut çalışmada incelenen fetal yaşın gelişimsel açıdan önemini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla 40 günlük fetal dönem, köpekte sternumun kıkırdak yapıdan kemik yapıya geçişinin başlangıç aşamasının değerlendirilmesi açısından kritik bir dönem olarak değerlendirilebilir.

Sternal ossifikasyonun tüm bölgelerde aynı anda gerçekleşmediği bildirilmektedir. Özellikle kaburgaların sternuma bağlandığı bölgelerde ossifikasyonun inhibe olması, bireysel sternebrae arasında intersternebral kıkırdakların bulunmasına neden olmaktadır (Van den Broek ve ark., 2023). Bu durum, erişkin köpeklerde sternumun segmentli yapısının oluşumunu açıklayan önemli gelişimsel mekanizmalardan biridir.

Erişkin köpekte sternumun tipik olarak sekiz sternal segmentten oluştuğu bildirilmektedir (Getty, 1975; de Lahunta ve ark., 2019; Singh, 2018). Sternumun segmentli yapısının prenatal dönemdeki gelişim süreci ile erişkin dönemdeki anatomik görünümü arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Sternal barların birleşmesinin cranialden caudale doğru gerçekleşmesi ve ossifikasyonun yaklaşık 40. günde başlaması, sternumun segmentlerinin prenatal dönemde aşamalı olarak geliştiğini göstermektedir (Van den Broek ve ark., 2023).

Van den Broek ve ark. (2023) tarafından erişkin köpeklerde gerçekleştirilen çalışmada, 777 hayvanın 189'unda (%24) sternal anormallik saptanmıştır. Bu anormalliklerin önemli bir kısmını intersternebral kıkırdak bölgelerindeki değişiklikler oluşturmuştur. Özellikle mineralizasyon, yeni kemik oluşumu, intersternebral aralıkta daralma ve subluksasyon gibi değişiklikler bildirilmiştir.

Aynı çalışmada sternebra sayısındaki değişiklikler de önemli bir bulgu olarak bildirilmiştir. Toplam 62 köpekte (%8) sekizden farklı sayıda sternal segment tespit edilmiş; 46 köpekte sekizden az, 16 köpekte ise dokuz sternebra görülmüştür (Van den Broek ve ark., 2023). Çalışmamızda ise materyallerde 8'er adet sternebra saptanmıştır.

Sternebra sayısındaki bu farklılıkların gelişimsel kökeni prenatal dönemdeki sternal segmentasyon süreciyle ilişkili olabilir. Nitekim sternal barların kaudal bölümünün birleşmemesi, anomalik kaburgalar ve kaburgaların düzensiz appozisyonunun sternumun gövdesinde ve bireysel sternebrae'de morfolojik değişikliklere yol açabileceği bildirilmiştir (Van den Broek ve ark., 2023). Çalışmamızda bu şekilde bulgulara rastlanmamıştır.

Sternal gelişimin normal şekilde gerçekleşmesi, toraksın ventral duvarının bütünlüğü açısından da önemlidir. Sternumun gelişimsel anomalileri bazı konjenital orta hat anomalileriyle birlikte görülebilmektedir. Köpek ve kedilerde sternal

defektlerin peritoneopericardial diaphragmatic hernia ve kranioventral abdominal duvar hernisi gibi anomalilerle birlikte bildirildiği belirtilmektedir (Van den Broek ve ark., 2023). Çalışmamızda bu şekilde bulgulara rastlanmamıştır.

Mevcut çalışmada 40 günlük köpek fetüslerinin incelenmesi, literatürde bildirilen sternal ossifikasyon başlangıcı ile aynı fetal döneme karşılık gelmektedir. Bu nedenle elde edilen morfolojik bulgular, köpek sternumunun prenatal ossifikasyonunun başlangıç aşamasının anlaşılması açısından önemlidir. Bununla birlikte, yalnızca 40 günlük fetüslerin incelenmesi ossifikasyonun daha sonraki dönemlerdeki ilerleme hızının ve tamamlanma zamanının belirlenmesine olanak sağlamamaktadır. Bu nedenle farklı gestasyonel yaş gruplarının birlikte incelendiği çalışmalar, köpek sternumundaki ossifikasyon merkezlerinin ortaya çıkış zamanının ve cranialden caudale doğru gelişim sırasının daha ayrıntılı olarak ortaya konulmasını sağlayacaktır.

6. SONUÇ

Köpeklerde sternumun prenatal gelişiminin bilateral mezodermal sternal barların birleşmesiyle başladığı ve bu birleşmenin yaklaşık 25. gebelik gününde cranialden caudale doğru ilerlediği bildirilmektedir (Van den Broek ve ark., 2023). Sternal ossifikasyonun ise yaklaşık 40. gebelik gününde başlaması, incelenen fetal dönemin sternum gelişimi açısından kritik bir dönem olduğunu göstermektedir.

40 günlük köpek fetüslerinde sternumun morfolojik gelişiminin ve ossifikasyon durumunun belirlenmesi, normal prenatal sternal gelişimin tanımlanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca erişkin köpeklerde görülen sternebra sayısı, şekli ve intersternebral kıkırdaklarla ilişkili anatomik varyasyonların gelişimsel temelinin anlaşılması açısından prenatal döneme ait veriler önem taşımaktadır (Getty, 1975; de Lahunta ve ark., 2019; Van den Broek ve ark., 2023).

Bununla birlikte, köpek sternumunun prenatal gelişim kronolojisinin tam olarak ortaya konulabilmesi için farklı gestasyonel yaşlardaki fetüslerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve ossifikasyon merkezlerinin morfometrik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

7.KAYNAKLAR

Atalgın, H., Kürtül, I., & Bozkurt, E. U. (2007). Postnatal osteological development of hyoid bone in the New Zealand White Rabbit. *Veterinary Research Communications*, 31, 653-660.

de Lahunta, A., Evans, H.E. & Hermanson, J.W. (2019). Miller and Evans' Anatomy of the Dog. 5th ed. Elsevier, St. Louis.

Getty, R. (1975). Sisson and Grossman's The Anatomy of the Domestic Animals. 5th ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Dursun, N., (2011). Veteriner Anatomi I. Medisan Yayınevi. Ankara. 4-65.

Hare, W.C.D (1961). The ages at which the centers of ossification appear roentgenographically in the limb bones of the dog. Am. J. Vet. Res. **90**: 825-835.

Evans, H.E., Sack, W.O. (1973). Prenatal Development of Domestic and Laboratory Mammals: Growth Curves, External Features and Selected References. Anat.,Histol.,Embryol., **2**: 11-45.

Knospe, C. (2002). Periods and stages of the prenatal development of the domestic cat. Anatomia, Histologia, Embryologia, 31, 37–51.

König, H.E. & Liebich, H.G. (2020). Veterinary Anatomy of Domestic Animals. 7th ed. Thieme, Stuttgart.

Singh, B. (2018). Dyce, Sack, and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy. 5th ed. Elsevier.

Van den Broek, D.H.N., Vester, S.C., Tobón Restrepo, M. & Veraa, S. (2023). Sternal abnormalities on thoracic radiographs of dogs and cats. Animals, 13, 1233. https://doi.org/10.3390/ani13071233.