

27th

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC RESEARCH
CONGRESS
UBAK

10-11 OCTOBER 2026

ANKARA / TÜRKİYE

FULL TEXT BOOK

TAM METİN KİTABI

www.ubaksymposium.org

Publishing Director / Yayın Yönetmeni

Emel ÇETİNKAYA

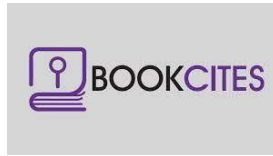
Editor/ Editör

Prof. Dr. Emel ÇETİNKAYA

Cover Design / Kapak Tasarımı

Faruk Karaaslan

Bu kitapta yayınlanan Bildiri Tam metinleri “Bookcites Kitap Atıf Dizini” tarafından taranmaktadır.

**ISBN: 978-625-8886-28-3****1st Edition / 1.Baskı: 14 October 2026****BERİKAN YAYINEVİ : Kültür Mah. Kızılırmak Cad. Gonca Apt.****No: 61/6 Çankaya-Kızılay/ANKARA****Tel: (0312) 232 62 18****Fax: (0312) 232 14 99 ANKARA**

Ankara - 2026

TAM METİNLER PROCEEDINGS

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

01	UYARLANABİLİR BİR PROTEZ EL İÇİN ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIM TABANLI DEĞİŞKEN ESNEKLİKLİ PARMAK	4
02	SESSİZ İSTİFA ARAŞTIRMALARI ÜZERİNE SİSTEMATİK BİR İNCELEME	11
03	ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMIYLA GIDA LOJİSTİĞİNDE DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	19
04	UHEM ALTYAPISINDA AMİNO ASİT–GRAFEN YÜZEY ETKİLEŞİMLERİNİN PERİYODİK DFT HESAPLAMALARININ BAŞARIM VE UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ	25
05	OKUL ÖĞRENCİLERİNİN SOSYAL UYUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE İÇERİK KAPSAMI: KAVRAMSAL BİR ANALİZ	30
06	BİR BAĞLAMIN TASARIMI, ÜRETİMİ VE DENEYSEL AKUSTİK KARAKTERİZASYONU: FREKANS SPEKTRUMU VE ZARF ANALİZİ	40
07	GÖRME YETERSİZLİĞİNDEN ETKİLENMİŞ ÇOCUĞU OLAN VELİLERİN DESTEK HİZMETLERİNE ERİŞİM DENEYİMLERİNİN İNCELENMESİ	49
08	SURÛRÎ'NİN ACÂ'İBÜ'L-MAHLÛKÂT GARÂ'İBÜ'L-MEVJÛDÂT'INDAKİ (LIBRARY OF CONGRESS G93.Q3185 1553) TASVİRLERİ	53
09	BİR ÖĞRENME DENEYİMİ OLARAK ETKİLEŞİMLİ SANAT VE KAMUSAL PEDAGOJİ	60
10	KOBİ'LERDE STRATEJİK ÖNCELİKLENDİRME VE YEŞİL DÖNÜŞÜM: KAYNAK KISITLARI ALTINDA BİR KAVRAMSAL MODEL	67
11	HAYAT BOYU ÖĞRENER OLARAK YETİŞKİNLERİN TEMEL YAPAY ZEKA EĞİTİMİNE BAKIŞI: BİR DURUM ÇALIŞMASI	74
12	HİBRİT POZİTRON EMİSYON TOMOGRAFİ (PET-BT) ÇEKİMLERİNDE METAL ARTEFAKT AZALTMA (MAR) TEKNOLOJİSİNİN TEKNİSYEN RADYASYON MARUZİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ	78
13	TÜRKİYE'DEKİ TANACETUM NIVALE, TANACETUM OLTENSE VE TANACETUM PUNCTATUM (ASTERACEAE) TÜRLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI YAPRAK ANATOMİSİ VE MİKROMORFOLOJİSİ	81
14	OFİS CALISANLARINDA ERGONOMİ	82
15	TÜRKİYE VE KOMŞU ÜLKELERİN LOJİSTİK PERFORMANSLARININ BÜTÜNLEŞİK ÇKKV YAKLAŞIMIYLA KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ	89
16	SÜRDÜRÜLEBİLİR EKONOMİK KALKINMA İÇİN HUKUKİ VE İDARİ ÇERÇEVELER: KOSOVA'DAKİ ZORLUKLAR VE FIRSATLAR	95
17	FARKLI AĞAÇLARDAN ÜRETİLEN SES TAHTALARININ BAĞLAMA AKUSTİĞİNE ETKİSİ: ZARF YAPILARININ DENEYSEL ANALİZİ	101
18	EĞİMLİ YÜZEYLERDE SU DAMLALARININ FARKLI EĞİM AÇILARINDAKİ KAYMA DAVRANIŞININ DENEYSEL VE SAYISAL İNCELENMESİ	108

ORCID: 0000-0003-3246-972X

SHAPE MEMORY ALLOY-BASED VARIABLE-STIFFNESS FINGER FOR AN ADAPTIVE PROSTHETIC HAND

Dr. Öğr. Üyesi Elif HOCAOĞLU*¹¹ Istanbul Medipol University* Corresponding Author: Elif HOCAOĞLU
ehocaoglu@medipol.edu.tr

1. INTRODUCTION

The development of anthropomorphic prosthetic hands involves a fundamental trade-off between grasp adaptability, mechanical robustness, and actuation complexity. Beyond achieving the required finger configurations, effective object interaction depends on the mechanical response of the fingers to externally applied forces. In biological hands, this response can be adjusted through neuromuscular modulation of joint impedance, allowing the fingers to accommodate contact uncertainties while providing sufficient resistance to deformation when required. Replicating this capability in prosthetic mechanisms remains challenging, particularly under the constraints of limited installation space, weight, and actuator availability.

Underactuated and tendon-driven mechanisms have been extensively investigated to reduce actuation complexity while preserving grasp adaptability. Massa et al. (2002) explored underactuation in prosthetic hand design, while Dollar and Howe (2007) demonstrated the potential of passive compliance for adaptive grasping in a prosthetic terminal device. Gosselin et al. (2008) further illustrated how mechanical coupling can enable an anthropomorphic robotic hand with 15 degrees of freedom to operate using a single actuator. Although these approaches demonstrate different strategies for achieving mechanically adaptive grasping, their adaptability primarily arises from passive mechanical characteristics rather than independently controlled finger stiffness. Consequently, accommodating variations in object geometry does not necessarily provide the ability to modify resistance to externally imposed deformation according to task requirements. This distinction motivates the integration of controllable stiffness mechanisms into prosthetic finger architectures.

Variable-stiffness actuation provides an alternative in which finger position and mechanical stiffness can be regulated independently. Such mechanisms have been developed for anthropomorphic robotic systems to improve robustness and interaction performance, although they often involve mechanically complex and highly actuated architectures (Grebenstein et al., 2011). The independent position and stiffness regulation was also demonstrated in a transradial prosthetic hand using variable-stiffness actuators (Hocaoglu and Patoglu (2022a, 2022b)). However, conventional VSA mechanisms may introduce additional bulk, weight, and mechanical complexity, while their reliance on multiple moving components and transmission elements may increase susceptibility to mechanical imperfections and wear over time. These limitations motivate the development of more compact stiffness modulation mechanisms for prosthetic applications. Shape memory alloys (SMAs), particularly NiTi-based materials, offer a promising alternative due to their high work density, compact form factor, and electrically controllable thermomechanical behavior. Their integration into wire, spring, or strip configurations enables stiffness modulation with fewer conventional mechanical components, although thermal response and hysteresis remain important design considerations (Mohd Jani et al., 2014).

The objective of this study is to experimentally evaluate an SMA-based variable-stiffness finger developed as part of an anthropomorphic adaptive prosthetic hand. The proposed design separates tendon-driven position actuation from SMA-based stiffness modulation. The study focuses on three questions: whether selective activation of two SMA strips produces distinguishable stiffness states; whether these states can be characterized through force–displacement behavior; and whether finger position and stiffness can be regulated independently.

2. VARIABLE-STIFFNESS FINGER DESIGN

The proposed finger design aims to integrate controllable mechanical stiffness into a compact, tendon-driven prosthetic mechanism without introducing additional conventional actuators for stiffness modulation. To achieve this, finger positioning and stiffness modulation are assigned to physically distinct actuation subsystems. This section describes the finger architecture, the integration of SMA strips, and the activation strategy used to establish discrete stiffness states.

2.1. Finger Architecture and Actuation

The proposed variable-stiffness finger is based on a mechanically underactuated, tendon-driven architecture. Finger flexion is generated through motor-driven tendon transmission, while passive elastic elements facilitate extension. This arrangement enables coordinated finger motion with a reduced number of position actuators.

At the hand level, three micromotors provide position actuation: one drives the thumb, one drives the index–middle finger pair, and one drives the ring–little finger pair. However, the variable-stiffness functionality is implemented locally at the finger level, independently of this motor allocation. The tendon–motor subsystem governs finger configuration, whereas SMA strips integrated along the finger provide an additional means of modifying its resistance to externally imposed deformation as presented in Figure 1. Consequently, stiffness modulation does not require changing the commanded position or introducing an additional motor-driven stiffness transmission.

Table 1. SMA Activation Conditions and Corresponding Finger Stiffness States

Active SMA strips	Total Activation Current	Stiffness State	Mechanical Response
0	0 A	Compliant	Maximum finger flexibility (Lowest resistance to deformation)
1	2.1 A	Intermediate	Intermediate resistance to deformation
2	4.2 A	Stiff	Maximum tested resistance to deformation

2.2. SMA-Based Variable-Stiffness Mechanism

Two SMA strips are arranged in parallel along each mechanically jointed finger to provide selectable levels of resistance to bending. The strips are shape-set in a straight configuration and undergo deformation as the finger flexes. Upon electrical activation, the SMA strips are heated and develop a restoring action toward their memorized configuration, opposing finger deformation. Selective activation therefore modifies the mechanical response of the finger without requiring additional conventional actuators dedicated to stiffness modulation.

The strip-based arrangement was selected to minimize the volume occupied by the stiffness-modulation mechanism while preserving the anthropomorphic geometry of the finger. In addition, the mechanical placement of the strips contributes to limiting finger hyperextension.

Three discrete stiffness states are established by selectively activating the two SMA strips, as summarized in **Table 1**. With both strips passive, the finger exhibits its most compliant response. Activating one strip increases resistance to deformation, producing an intermediate stiffness state, whereas simultaneous activation of both strips produces the stiffest tested response. The corresponding total activation currents are 0 A, 2.1 A, and 4.2 A, respectively. These operating conditions provide a discrete stiffness-modulation strategy while retaining separate tendon-driven position actuation.

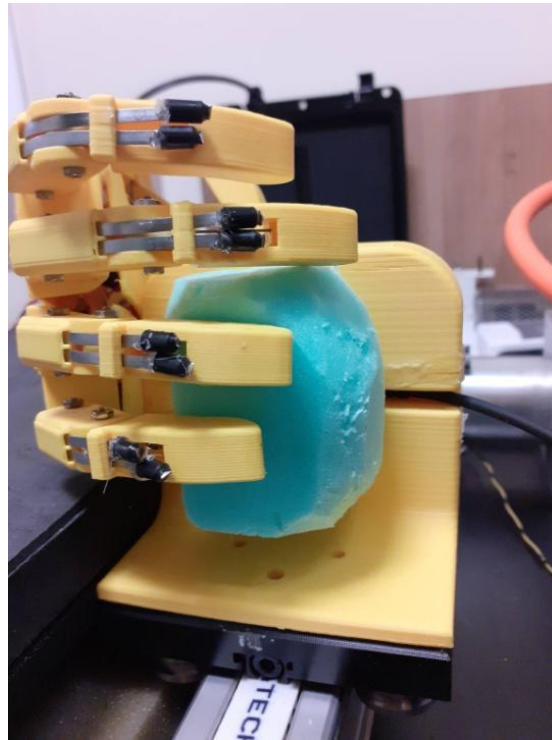


Figure 1. SMA-based variable-stiffness finger design showing the parallel arrangement of two SMA strips along the finger to provide controllable resistance to bending while preserving the compact anthropomorphic structure.

3. EXPERIMENTAL METHODS

The experimental evaluation was designed to investigate two key characteristics of the proposed SMA-based finger: its ability to establish distinguishable mechanical stiffness states and its capacity to regulate finger position and stiffness independently. Accordingly, two sets of experiments were conducted. First, force–displacement measurements were performed to characterize the mechanical response under different SMA activation conditions. Subsequently, position–stiffness decoupling experiments were carried out to examine whether either variable could be modified while maintaining the other at a prescribed condition. The experimental platform and procedures are described below.

3.1. Experimental Setup

A backdrivable experimental platform was developed to apply controlled external loading to the prosthetic fingers and measure their resulting mechanical response. The platform incorporated an AC motor coupled to a belt–pulley transmission, allowing externally imposed displacement without an additional geared stage. A force/torque sensor with a measurement range of up to 50 N was installed at the interaction interface, while a compliant Depron contact element distributed the applied load across the contacting fingers.

During testing, interaction force was measured directly using the ATI force/torque sensor, and the corresponding linear displacement of the end-effector was determined from the motor encoder. The experimental arrangement is illustrated in Figure 2.

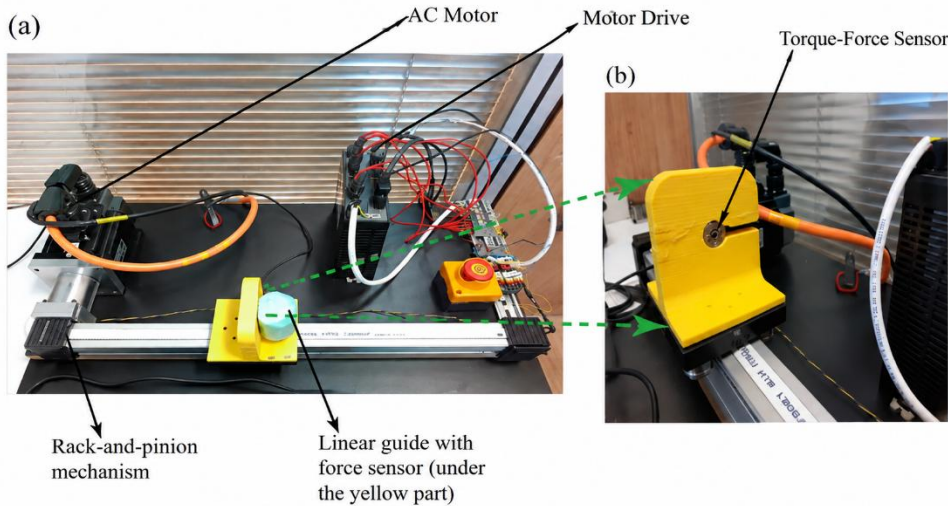


Figure 2. Experimental platform used for force–displacement characterization and evaluation of independent position–stiffness regulation.

3.2. Force–Displacement Characterization

Force–displacement experiments were conducted to quantify changes in the mechanical response of the finger resulting from selective SMA activation. The prosthetic fingers were positioned against the compliant contact interface and subjected to progressively increasing external loads ranging from 0 to 5 N.

Three activation conditions were evaluated according to Table 1: compliant (both SMA strips passive), intermediate (one strip active), and stiff (both strips active). For each condition, the applied force and corresponding end-effector displacement were recorded over ten repeated trials, resulting in 30 trials in total.

The measured force–displacement responses were compared to determine whether selective SMA activation produced distinguishable levels of resistance to deformation. For a given external load, lower displacement was interpreted as greater effective mechanical stiffness under the tested conditions.

3.3. Independent Position–Stiffness Regulation

Two complementary experiments were conducted to evaluate the functional independence of the finger-positioning and stiffness-modulation subsystems. In the first experiment, the proximal joint was positioned at 0° , 30° , and 60° , while the SMA subsystem maintained the intermediate stiffness state. Each angular condition was evaluated over ten repeated trials. This experiment examined whether the selected stiffness state could be preserved across different finger configurations. In the second experiment, the proximal joint position was maintained at 0° , while the SMA subsystem was successively operated in the compliant, intermediate, and stiff states. Each stiffness condition was evaluated over ten repeated trials. This experiment examined whether the mechanical response could be modified without changing the prescribed finger position.

Together, these experiments were designed to assess position–stiffness decoupling under the tested operating conditions, providing experimental evidence of the functional separation between tendon-driven position actuation and SMA-based stiffness modulation.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The experimental results are presented in two parts to evaluate the mechanical performance of the proposed SMA-based variable-stiffness finger. First, the influence of selective SMA activation on the force–displacement response is examined to establish the achievable stiffness states. Subsequently, the functional independence of finger positioning and stiffness modulation is assessed under different joint configurations and SMA activation conditions.

4.1. Force–Displacement Response

The force–displacement measurements revealed three distinct mechanical responses corresponding to the SMA activation conditions defined in Table 1. As shown in Figure 3, under an external load of 5 N, the measured displacement was approximately 30 mm in the compliant state, 20 mm in the intermediate state, and 5 mm in the stiff state. Increasing the number of activated SMA strips therefore progressively reduced displacement under the

same applied load, demonstrating the effectiveness of selective SMA activation in modifying resistance to deformation.

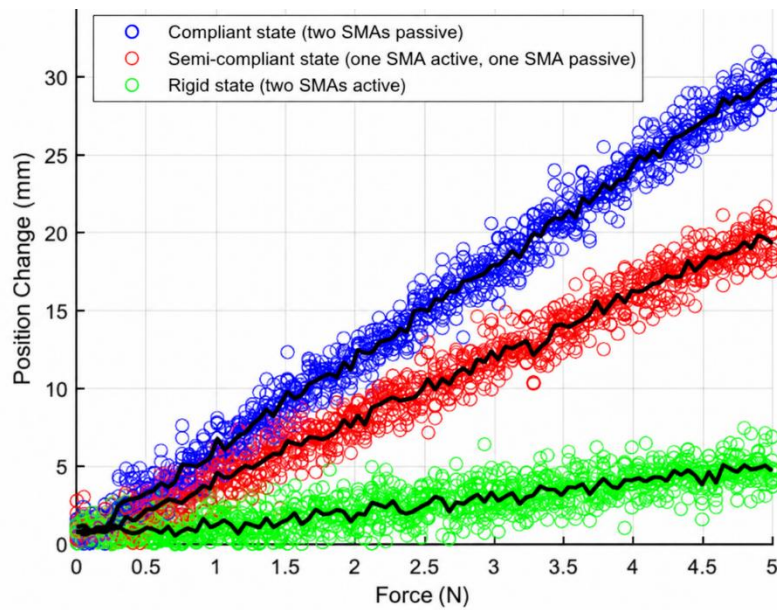


Figure 3. Experimental force–displacement responses of the prosthetic finger under three SMA activation states: compliant (both strips passive), intermediate (one strip active), and stiff (both strips active).

At 5 N, the stiff state exhibited approximately sixfold lower displacement than the compliant state, indicating a substantial increase in effective mechanical stiffness. The intermediate state provided a distinct response between these two conditions, demonstrating that selective activation of the SMA strips enables three discrete levels of mechanical resistance within the same finger architecture. These findings establish the feasibility of SMA-based stiffness modulation without requiring changes to the tendon-driven position-actuation mechanism. However, the experiments characterize discrete operating states and do not establish continuous stiffness regulation or a linear relationship between activation current and stiffness.

4.2. Independent Regulation of Position and Stiffness

The position–stiffness decoupling experiments further evaluated whether the SMA-based stiffness-modulation subsystem could operate independently of tendon-driven finger positioning. In the first experiment, the intermediate stiffness state was maintained while the proximal joint angle was varied among 0°, 30°, and 60°. The force–displacement measurements obtained at these configurations, illustrated in Figure 4, supported the ability to preserve the selected mechanical response across different finger positions.

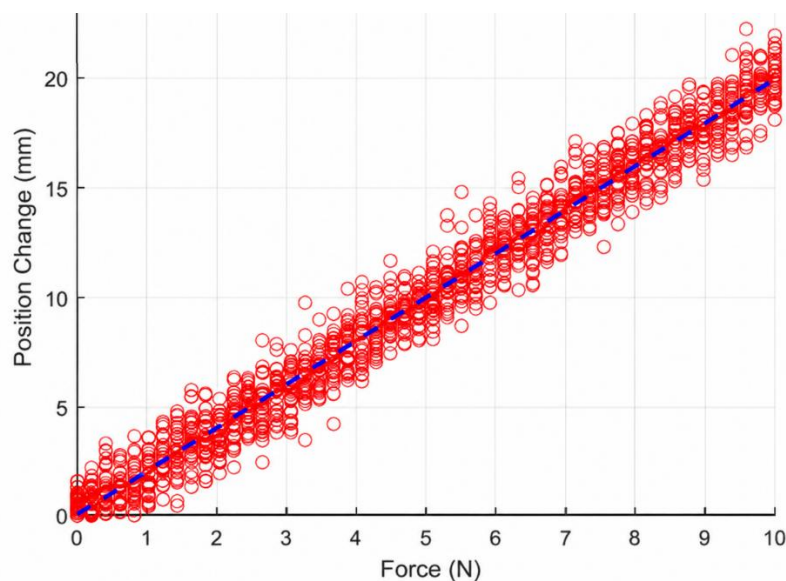


Figure 4. Force–displacement response of the prosthetic finger in the intermediate stiffness state during position–stiffness decoupling experiments. The blue dashed line represents the fitted trend, while red circles indicate experimental measurements.

In the complementary experiment, the proximal joint was maintained at 0° while the SMA subsystem was operated in the compliant, intermediate, and stiff states. The resulting mechanical responses remained distinguishable under the prescribed joint configuration, indicating that stiffness modulation could be achieved without changing the commanded finger position.

Together, these findings demonstrate the functional separation of position actuation and stiffness modulation under the investigated operating conditions. This characteristic is particularly relevant to prosthetic grasping, where finger configuration and resistance to deformation may need to be adjusted according to different interaction requirements. Nevertheless, the present experiments establish position–stiffness independence at selected operating points rather than continuous or dynamic decoupling throughout the finger workspace.

5. CONCLUSION

This study presented and experimentally evaluated an SMA-based variable-stiffness finger for an adaptive prosthetic hand. Selective activation of two parallel SMA strips enabled three distinct stiffness states, with approximately sixfold lower displacement in the stiff state than in the compliant state under a 5 N load. Independent position–stiffness regulation was demonstrated by maintaining the intermediate stiffness state at joint angles of 0° , 30° , and 60° , and achieving three distinct stiffness states at a fixed joint position.

The principal contribution lies in the functional separation of finger positioning, controlled by the tendon–motor subsystem, and mechanical stiffness modulation, achieved through SMA activation. Unlike passive compliant mechanisms with fixed mechanical properties, the proposed compact architecture enables selectable stiffness states without additional motors dedicated to stiffness modulation. This capability could facilitate adaptation to object geometry during initial contact and provide greater resistance to deformation during grasp stabilization.

Although the experimental findings establish the mechanical feasibility of the proposed approach, its functional benefits during prosthetic grasping remain to be validated. Future work will address continuous stiffness regulation, long-term fatigue, thermal safety, and task-level grasping performance to further assess its suitability for practical prosthetic applications.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under Project No. 219M586.

REFERENCES

- DOLLAR, A. M. and HOWE, R. D. (2007). “The SDM Hand as a Prosthetic Terminal Device: A Feasibility Study,” Proceedings of the 2007 IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), Noordwijk, The Netherlands, pp. 978–983. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2007.4428542>
- GOSSELIN, C., PELLETIER, F. and LALIBERTÉ, T. (2008). “An Anthropomorphic Underactuated Robotic Hand with 15 DoFs and a Single Actuator,” Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Pasadena, CA, USA, pp. 749–754. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2008.4543295>
- GREBENSTEIN, M., ALBU-SCHÄFFER, A., BAHLS, T., CHALON, M., EIBERGER, O., FRIEDL, W., GRUBER, R., HADDADIN, S., HAGN, U., HASLINGER, R., HÖPPNER, H., JÖRG, S., NICKL, M., NOTHELFER, A., PETIT, F., REILL, J., SEITZ, N., WIMBÖCK, T., WOLF, S., WÜSTHOFF, T. and HIRZINGER, G. (2011). “The DLR Hand Arm System,” Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Shanghai, China, pp. 3175–3182. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5980371>
- MASSA, B., ROCCELLA, S., CARROZZA, M. C. and DARIO, P. (2002). “Design and Development of an Underactuated Prosthetic Hand,” Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Washington, DC, USA, Vol. 4, pp. 3374–3379. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2002.1014232>
- MOHD JANI, J., LEARY, M., SUBIC, A. and GIBSON, M. A. (2014). “A Review of Shape Memory Alloy Research, Applications and Opportunities,” Materials & Design, 56, pp. 1078–1113. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.11.084>

HOCAOGLU, E. and PATOGLU, V. (2022a). “sEMG-Based Natural Control Interface for a Variable Stiffness Transradial Hand Prosthesis,” *Frontiers in Neurorobotics*, 16, Article 789341. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.789341>

HOCAOGLU, E. and PATOGLU, V. (2022b). “Design, Implementation, and Evaluation of a Variable Stiffness Transradial Hand Prosthesis,” *Frontiers in Neurorobotics*, 16, Article 789210. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.789210>

SESSİZ İSTİFA ARAŞTIRMALARI ÜZERİNE SİSTEMATİK BİR İNCELEME

Arş. Gör. Dr. Büşra YİĞİT*¹

¹ Sakarya

* Corresponding Author: Büşra YİĞİT
busrayigit@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ

Çalışma yaşamında son yıllarda yaşanan teknolojik dönüşümler, esnek çalışma biçimlerinin yaygınlaşması ve örgütsel yapılarıdaki değişimler, çalışanların işe yönelik tutumlarını ve örgütleriyle kurdukları ilişkileri etkilemektedir (Abousweilem vd., 2026; Arantes ve Vicars, 2024; Zlatanovic vd., 2025). Özellikle artan iş talepleri, iş ve özel yaşam arasındaki sınırların belirsizleşmesi ve değişen örgütsel beklentiler, çalışanların işe ayırdıkları çabayı ve örgütsel rollerini yeniden değerlendirmelerine neden olmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte sessiz istifa, çalışanların işe yönelik tutumları ve geri çekilme davranışları çerçevesinde tartışılan güncel konulardan biri haline gelmiştir.

Sessiz istifa, özellikle COVID-19 pandemisi sonrasında akademik literatürde ve kamuoyunda daha fazla görünürlük kazanmıştır (Formica ve Sfodera, 2022; Lu vd., 2023). Konuya ilişkin araştırmalarda iş yükü, iş stresi, tükenmişlik, iş-yaşam dengesi, liderlik tarzları, algılanan örgütsel destek, iş tatmini, işe adanmışlık ve işten ayrılma niyeti gibi değişkenler ele alınmaktadır (Akdağ vd., 2026; Galanis vd., 2024, 2025; Gün vd., 2025; Moisoglou vd., 2025; Shan ve Jin, 2026). Bu çeşitlilik, sessiz istifanın farklı bireysel ve örgütsel değişkenlerle birlikte incelendiğini göstermektedir. Bununla birlikte kavramın mevcut örgütsel davranış literatüründeki yeri ve ilişkili geri çekilme davranışlarından hangi yönleriyle ayrıldığına ilişkin tartışmalar devam etmektedir (Bernuzzi vd., 2025; Magrizos vd., 2026).

Sessiz istifaya ilişkin araştırmaların artması, mevcut akademik birikimin kapsamının ve yöntemsel özelliklerinin sistematik biçimde incelenmesini gerekli kılmaktadır. Literatürde sessiz istifanın belirleyicilerini ve örgütsel sonuçlarını ele alan araştırmaların yanı sıra sistematik incelemeler de bulunmaktadır (Bernuzzi vd., 2025; Bordoloi vd., 2026; Islam vd., 2026; Maheshwari, 2026). Bu çalışma ise yayınların yıllara ve dergilere göre dağılımını, kullanılan araştırma yöntemlerini, veri toplama araçlarını, analiz tekniklerini, örneklem özelliklerini ve sessiz istifayla birlikte incelenen değişkenleri bir arada değerlendirmeye odaklanmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, sessiz istifa ve kavramsal olarak ilişkili geri çekilme davranışlarını ele alan 253 akademik çalışmayı sistematik olarak inceleyerek literatürün genel yapısını ve araştırma eğilimlerini ortaya koymaktır.

2. KAVRAMSAL VE KURAMSAL BOYUTUYLA SESSİZ İSTİFA

Çalışma hayatındaki dönüşümlerle birlikte özellikle 2022 sonrasında akademik ve popüler tartışmalarda görünürlük kazanan sessiz istifa, çalışanın işine ayırdığı çabayı, psikolojik yatırımını ve biçimsel görevlerinin ötesine geçen gönüllü katkısını sınırlandırması üzerinden ifade edilmektedir. Ancak kavramın kapsadığı davranışların daha önce işten psikolojik uzaklaşma, işe yabancılaşma, çalışan bağlılığının azalması, geri çekilme davranışları ve örgütsel vatandaşlık davranışlarının azalması gibi kavramlarla ele alındığı görülmektedir. Bu nedenle literatürde sessiz istifanın bütünüyle yeni bir davranış mı yoksa önceki davranış örüntülerinin güncel çalışma koşullarında yeniden adlandırılması mı olduğu tartışılmaktadır (Formica ve Sfodera, 2022; Serenko, 2024; Bernuzzi vd., 2025).

Sessiz istifanın temel özelliği, çalışan ile örgüt arasındaki biçimsel iş ilişkisinin devam etmesine karşın çalışanın gönüllü katkısını, inisiyatifini ve ekstra rol davranışlarını azaltmasıdır. Bu yönüyle kavram, gerçek anlamda işten ayrılmadan farklılaşmaktadır. Çalışan temel görevlerini yerine getirmeyi sürdürürken görev tanımının ötesine geçen çaba ve sorumluluklardan kaçınabilmektedir. Mahand ve Caldwell (2023) sessiz istifayı görev tanımının gerektirdiği düzeyde çalışma üzerinden açıklarken, Formica ve Sfodera (2022) kavramı iş ve özel yaşam arasındaki sınırların yeniden düzenlenmesi bağlamında ele almaktadır. Kang vd. (2023) ise sessiz istifanın çalışanların görevlerini yerine getirmekle birlikte görev tanımlarının ötesine geçmemeleri biçiminde ortaya çıktığını ve psikolojik ve davranışsal boyutlar içerdiğini belirtmektedir.

Öte yandan biçimsel görevleri yerine getirmek sessiz istifanın tek başına göstergesi değildir. Kavramı farklılaştıran unsur, çalışanın gönüllü katkısını bilinçli biçimde azaltmasıdır. Bu kapsamda motivasyon azalması, işe yönelik psikolojik uzaklaşma, inisiyatif göstermeme ve ekstra rol davranışlarından çekilme öne çıkmaktadır. Galanis vd.

(2023) tarafından geliştirilen Quiet Quitting Scale’de işe yönelik kopukluk, inisiyatif eksikliği ve motivasyon eksikliği boyutlarına yer verilmesi, kavramın psikolojik ve davranışsal yönlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Çalışanın ek sorumluluk üstlenmemesi veya gönüllü katkısını azaltması davranışsal, işe yönelik ilgi, aidiyet ve örgütsel özdeşleşmesinin zayıflaması ise psikolojik boyutla ilgilidir. Talukder ve Prieto (2025) de sessiz istifayı örgütsel destek algısı, lider-üye ilişkileri ve sosyal değişim bağlamında ele almaktadır.

Sessiz istifa ile işten ayrılma niyeti arasındaki ayrım da kavramın sınırlarının belirlenmesi açısından önemlidir. İşten ayrılma niyeti mevcut istihdam ilişkisini sona erdirmeye eğilimini ifade ederken sessiz istifta çalışan örgütte kalmayı sürdürmektedir. Farrell’ın (1983) çıkış-ses-sadakat-ihmal çerçevesinde işten ayrılma çıkış davranışını, işe yönelik çaba ve katılımın azaltılması ise ihmal boyutunu oluşturmaktadır. Bununla birlikte sessiz istifa, genel geri çekilme davranışlarıyla tamamen özdeş değildir, çalışan temel görevlerini yerine getirmeye ve örgüt üyeliğini sürdürmeye devam ederken özellikle isteğe bağlı katkısını azaltmaktadır (Maheshwari, 2026; Magrizos vd., 2026). Öte yandan, sessiz istifanın her durumda ekstra rol davranışlarıyla sınırlı kalmadığı, biçimsel görevlerin yerine getirilme biçiminde de değişiklikler içerebildiği belirtilmektedir (Samnani ve Robertson, 2025; Magrizos vd., 2026).

Sessiz istifayı açıklayan kuramsal yaklaşımların başında İş Talepleri-Kaynakları Modeli gelmektedir. Demerouti vd. (2001), çalışma koşullarını iş talepleri ve iş kaynakları üzerinden açıklarken Bakker ve Demerouti (2007), kaynakların çalışan motivasyonu, işe katılımı ve performansı üzerindeki rolünü vurgulamaktadır. Bu çerçevede yüksek iş yükü, zaman baskısı, rol çatışması ve duygusal taleplerin yetersiz örgütsel kaynaklarla birleşmesi, çalışanların fiziksel ve psikolojik kaynaklarını zorlayabilir. Çalışanın temel görevlerini sürdürürken ek çaba ve gönüllü katkısını azaltması, bu koşullarda kaynaklarını korumaya yönelik bir davranış olarak değerlendirilebilir. Ancak sessiz istifa, tükenmişlikle aynı anlama gelmemektedir. Tükenmişlik daha geniş bir psikolojik süreci ifade ederken sessiz istifa bu süreçle ilişkili olabilen belirli bir davranışsal geri çekilme biçimidir. Araştırmalar, sessiz istifanın tükenmişlik, iş tatmini ve işe bağlılıkla ilişkisini ortaya koymaktadır (Galanis vd., 2023; Yıldız vd., 2024).

Sosyal Değişim Teorisi, sessiz istifayı çalışan ile örgüt arasındaki karşılıklı beklentisi üzerinden açıklamaktadır. Çalışanlar ücret, örgütsel destek ve gelişim olanakları gibi örgütsel katkıları değerlendirirken kendi katkılarının da karşılık bulmasını beklemektedir. Bu karşılığın yetersiz algılanması, çalışanın örgütten ayrılmaksızın sunduğu katkıyı azaltmasına yol açabilir. Talukder ve Prieto (2025), sessiz istifaya ilişkin çalışmalarında algılanan örgütsel destek, lider ve üye değişimi ve sosyal değişim yaklaşımından yararlanmaktadır. Öz-Belirleme Teorisi ise kavramın motivasyonel boyutunu açıklamaktadır. Ryan ve Deci’ye (2000) göre özerklik, yeterlik ve ilişkilenebilirlik ihtiyaçlarının karşılanması içsel motivasyon açısından önemlidir. Bu ihtiyaçların çalışma ortamında desteklenmemesi, çalışanın işe yönelik motivasyonunu ve psikolojik bağlılığını zayıflatır. Hoşgör vd. (2026) de içsel motivasyonun örgütsel özdeşleşme ve işe bağlılık üzerinden sessiz istifayla ilişkili olduğunu göstermektedir.

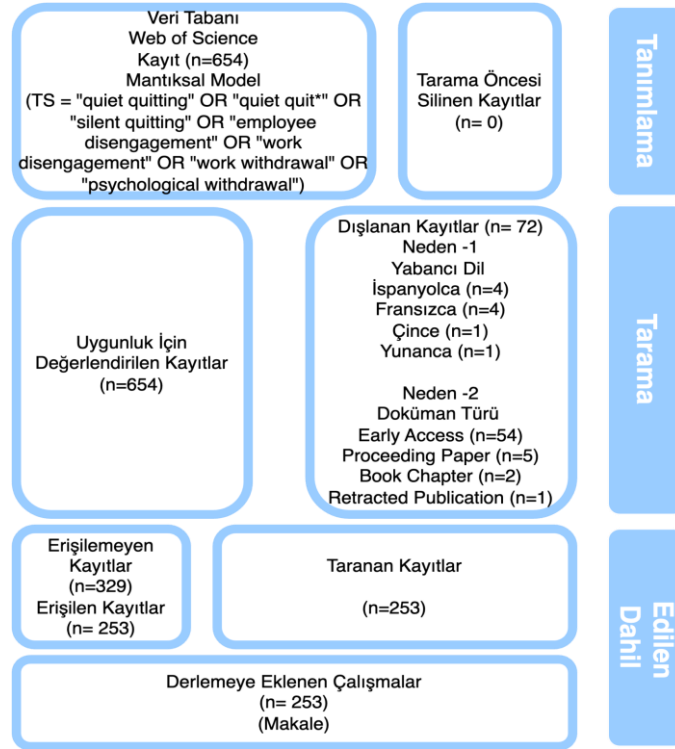
Bu kuramsal yaklaşımlar değerlendirildiğinde sessiz istifanın nedenlerinin, iş talepleri ile kaynaklar arasındaki dengesizlik, çalışan ile örgüt arasındaki karşılıklı algısı ve temel psikolojik ihtiyaçların karşılanma düzeyi, çalışanın işe yönelik katkısını şekillendiren mekanizmalardan kaynaklanabildiği görülmektedir. Ayrıca sessiz istifanın önceki örgütsel davranış kavramlarıyla örtüşen yönleri ve kendine özgü niteliği konusundaki tartışmalar sürmektedir (Bernuzzi vd., 2025). Dolayısıyla literatürde ilk sessiz istifayı Covid-19 pandemisi sonrasında çalışma yaşamında görünürlük kazanan yeni bir çalışan davranışı olarak ele alan ve ikincisi kavramın yeniliğini davranışın kendisinden çok, daha önce farklı kavramlarla açıklanan davranışların güncel çalışma koşullarında yeni bir ad altında yeniden kavramsallaştırılmasında gören iki tamamlayıcı yaklaşım öne çıkmaktadır (Formica ve Sfodera, 2022; Serenko, 2024). Bu çerçevede sessiz istifa, önceki örgütsel davranış literatürüyle süreklilik gösteren, ancak güncel çalışma koşulları içerisinde yeniden tartışılan bir kavram olarak değerlendirilebilir.

3. METODOLOJİ

Bu çalışma, sistematik inceleme yaklaşımını (Kraus vd., 2022; Tranfield vd., 2003) benimseyerek sessiz istifa ve kavramsal olarak ilişkili çalışan geri çekilmesi biçimlerine ilişkin literatürü incelemiştir. Çalışmaların belirlenmesi ve incelenmesi sürecinde, sistematik incelemelerin şeffaf ve izlenebilir biçimde raporlanmasını amaçlayan PRISMA çerçevesi esas alınmıştır (Page vd., 2021). Literatür taraması Web of Science veritabanında gerçekleştirilmiş; sessiz istifa kavramının güncel kullanımını yakalamak amacıyla “quiet quitting”, “quiet quit*” ve “silent quitting” terimlerinin yanı sıra, kavramla ilişkili daha yerleşik geri çekilme örüntülerini kapsamak üzere “employee disengagement”, “work disengagement”, “work withdrawal” ve “psychological withdrawal” ifadeleri kullanılmıştır. Böylece tarama, yalnızca “quiet quitting” etiketini açıkça kullanan çalışmaları değil, sessiz istifayla kavramsal yakınlık gösteren geri çekilme davranışlarını ele alan araştırmaları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Arama sonucunda elde edilen kayıtlar, çalışmanın kapsamı doğrultusunda sistematik olarak

incelenmiş ve toplam 253 makale analize dahil edilmiştir. Çalışmaların belirlenmesi ve analize dahil edilmesine ilişkin süreç, Şekil 1’de PRISMA akış şemasıyla gösterilmiştir.

Şekil 1. PRISMA Akış Şeması



4. BULGULAR

Bu bölümde, sessiz istifa ve kavramsal olarak ilişkili değişkenleri ele alan 253 çalışmadan elde edilen bulgular sunulmaktadır. İncelenen çalışmalar yayın yılı, yayımlandıkları dergiler, araştırma yöntemi, veri toplama aracı, analiz yöntemi, örneklem özellikleri ve sessiz istifa ile birlikte ele alınan değişkenler açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler frekans, oran ve tekrar eden örüntüler üzerinden sınıflandırılmış; benzer yönetsel özellikler ve kavramsal değişkenler ortak başlıklar altında toplanmıştır.

4.1. Yayın Yılı Bakımından

İncelenen 253 çalışmanın yayın yıllarına göre dağılımı, literatürün özellikle son dört yılda belirgin biçimde yoğunlaştığını göstermektedir. Çalışmaların 70’i 2026 yılında (%27,7), 63’ü 2025 yılında (%24,9), 41’i 2024 yılında (%16,2) ve 27’si 2023 yılında (%10,7) yayımlanmıştır. Böylece 2023-2026 döneminde yayımlanan 201 çalışma, toplam literatürün %79,4’ünü oluşturmaktadır. Buna karşılık 2022 ve öncesindeki yayın sayıları oldukça sınırlıdır. 2000 yılına kadar uzanan çalışmaların bulunması, taramanın sessiz istifa kavramının güncel kullanımının yanında işten çekilme ve psikolojik geri çekilme gibi kavramsal olarak yakın daha eski araştırmaları da kapsamından kaynaklanmaktadır. Yıllık dağılım, özellikle 2023 sonrasında bu araştırma alanındaki yayın üretiminin hızlandığını ve en yüksek sayıya 2026 yılında ulaşıldığını göstermektedir.

4.2. Dergi Bakımından

Çalışmalar çok sayıda farklı dergide yayımlanmış ancak bazı dergilerde görece bir yoğunlaşma görülmektedir. En fazla yayının yer aldığı dergi 25 çalışma ile Frontiers in Psychology olup toplam çalışmaların %9,9’unu oluşturmaktadır. Bunu Current Psychology 11 çalışma (%4,3) ve Frontiers in Public Health 10 çalışma (%4,0) ile izlemektedir. Healthcare, BMC Psychology ve Behavioral Sciences dergilerinde altışar çalışma (%2,4), BMC Nursing ve Nursing Reports dergilerinde ise beşer çalışma (%2,0) bulunmaktadır. Dergi dağılımında The Journal of Social Psychology, Pegem Journal of Education and Instruction, Journal of General Management, Identities: Global Studies in Culture and Power ve Cambio Rivista sulle trasformazioni sociali gibi farklı disiplinlerden yayın organları da yer almaktadır. Genel dağılım, yayınların tek bir dergide yoğunlaşmadığını psikoloji, yönetim, eğitim, halk sağlığı, sağlık bilimleri ve sosyal bilimlerin farklı alanlarındaki dergilere yayıldığını göstermektedir.

4.3. Araştırma Yöntemi Bakımından

Araştırma yöntemleri sınıflandırıldığında nicel çalışmaların açık biçimde baskın olduğu görülmektedir. Toplam 253 çalışmanın 198’i (%78,3) nicel yöntemlere dayanmaktadır. Kavramsal çalışmalar ve farklı türdeki derlemeler 21 çalışma ile %8,3’lük bir paya sahiptir. Karma yöntem kullanan 18 çalışma (%7,1), nitel yöntem kullanan ise 16

çalışma (%6,3) bulunmaktadır. Nicel çalışmalar içerisinde kesitsel araştırmaların yanında boylamsal tasarımlar, ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmaları, deneysel çalışmalar, kohort araştırmaları ve ikincil veri analizleri de yer almaktadır. Buna rağmen genel dağılım, sessiz istifa ve ilişkili işten çekilme davranışlarının ağırlıklı olarak nicel araştırma tasarımlarıyla incelendiğini göstermektedir.

4.4. Veri Toplama Aracı Bakımından

Veri toplama araçlarında en belirgin yoğunlaşma anket ve ölçek uygulamalarıdır. Çalışmaların 182'sinde (%71,9) temel veri toplama aracı anket veya ölçek olarak belirlenmiştir. Bu grup içerisinde çevrimiçi anketler, iki veya üç dalgalı anket uygulamaları ve farklı psikometrik ölçeklerin birlikte kullanıldığı araştırmalar bulunmaktadır. İkincil veri, literatür, veritabanları, sosyal medya içerikleri veya dokümanlardan yararlanan 29 çalışma (%11,5) bulunmaktadır. Birden fazla veri toplama aracını birlikte kullanan çalışmaların sayısı 27'dir (%10,7); bu grupta özellikle anket ile görüşme, gözlem veya ikincil verinin birlikte kullanıldığı tasarımlar yer almaktadır. Görüşme ve diğer nitel veri toplama yöntemlerinin temel araç olduğu 9 çalışma (%3,6), deneysel veya laboratuvar verisi kullanan 2 çalışma (%0,8) bulunmaktadır. Dört çalışmada (%1,6) veri toplama aracı belirtilmemiştir. Bu dağılım, literatürde özbidirime dayalı anket ve ölçeklerin temel veri kaynağı olduğunu göstermektedir.

4.5. Analiz Yöntemi Bakımından

Analiz yöntemleri açısından çalışmaların önemli bir bölümünde çok değişkenli istatistiksel tekniklerin kullanıldığı görülmektedir. Regresyon ailesindeki yöntemler 85 çalışmada, yapısal eşitlik modellemesi, PLS-SEM veya benzeri YEM teknikleri ise 78 çalışmada yer almaktadır. Doğrulamalı veya açıklayıcı faktör analizi gibi faktör analizleri 69 çalışmada kullanılmış, korelasyon analizlerine 49 çalışmada başvurulmuştur. Aracılık veya düzenleyicilik ilişkilerini test eden analizler 45 çalışmada görülmektedir. ANOVA, t-testi, ki-kare, Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis gibi grup karşılaştırma teknikleri ise en az 25 çalışmada kullanılmıştır. Nitel araştırmalarda tematik analiz, içerik analizi ve benzeri çözümleme yöntemleri öne çıkmaktadır. Bu kategoriler birbirini dışlamadığından aynı çalışma birden fazla analiz grubunda yer alabilmektedir. Özellikle SEM, regresyon, aracılık ve düzenleyicilik analizlerinin birlikte kullanılması, nicel çalışmaların büyük bölümünün sessiz istifayı diğer örgütsel ve bireysel değişkenlerle kurulan çok değişkenli modeller içinde ele aldığını göstermektedir.

4.6. Örneklem Bakımından

Örneklem yapısı oldukça çeşitlidir, ancak belirli meslek ve sektörlerde yoğunlaşma bulunmaktadır. Sağlık alanı en sık incelenen gruplardan biridir; hemşireler, hekimler, diğer sağlık profesyonelleri ve hastane çalışanlarını içeren yaklaşık 57 çalışma bulunmaktadır. Eğitim alanında öğretmenler, akademisyenler, üniversite çalışanları ve eğitim personeline odaklanan yaklaşık 38 çalışma yer almaktadır. Kamu çalışanlarını kapsayan çalışmaların sayısı yaklaşık 24, turizm ve konaklama sektöründeki çalışanlara odaklananların sayısı ise yaklaşık 12'dir. İmalat, bilgi teknolojileri, finans ve bankacılık gibi sektörler de örneklemelerde temsil edilmekle birlikte sağlık ve eğitim alanlarına kıyasla daha sınırlı görünmektedir. Örneklem büyüklükleri araştırma tasarımına bağlı olarak geniş ölçüde değişmektedir. Bu nedenle literatürün örneklem yapısı hem mesleki grup hem de örneklem büyüklüğü bakımından heterojen bir görünüm sergilemektedir.

4.7. Sessiz İstifa ile Birlikte İncelenen Değişkenler Bakımından

Sessiz istifa ve ilişkili psikolojik geri çekilme davranışları çok sayıda bireysel, işle ilgili ve örgütsel değişkenle birlikte incelenmiştir. En sık karşılaşılan temalardan biri işe adanmışlık ve çalışan bağlılığıdır; bu gruptaki değişkenler 58 çalışmada (%22,9) yer almaktadır. Liderlik ve yönetici davranışları 54 çalışmada (%21,3), tükenmişlik 42 çalışmada (%16,6), stres, iş yükü ve iş talepleriyle ilişkili değişkenler 29 çalışmada (%11,5) incelenmiştir. İşten ayrılma niyeti veya çalışan devri 26 çalışmada (%10,3), mobbing, dışlanma, toksik liderlik, istismarcı yönetim, nezaketsizlik ve benzeri olumsuz işyeri davranışları ise 22 çalışmada (%8,7) yer almaktadır. İş performansı ve üretkenlik 17 çalışmada (%6,7), iş-yaşam dengesi 14 çalışmada (%5,5), iş tatmini, algılanan örgütsel destek ve psikolojik iyi oluş ise ayrı ayrı 12 çalışmada (%4,7) incelenmiştir. Örgütsel bağlılık ve örgütsel adaletle ilişkili değişkenler dokuzar çalışmada (%3,6) bulunmaktadır. Veri setinde doğrudan "quiet quitting/sessiz istifa" ifadesinin yer aldığı 79 çalışma (%31,2) bulunurken, 90 çalışmada (%35,6) work withdrawal, psychological withdrawal veya benzeri geri çekilme kavramları, 30 çalışmada (%11,9) ise work disengagement ve ilişkili bağılıksızlık kavramları kullanılmıştır. Bu dağılım, taranan literatürün sessiz istifayı ağırlıklı olarak çalışanların işe yönelik tutumları, liderlik ve yönetim uygulamaları, tükenmişlik ve stres ile işten çekilme davranışları çevresinde ele aldığını göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sessiz istifa ve kavramsal olarak ilişkili çalışan geri çekilmesi davranışlarını ele alan 253 akademik çalışmayı sistematik olarak inceleyerek literatürün gelişim yönünü, yöntemsel özelliklerini, örneklem yapısını ve sessiz

istifayla birlikte ele alınan temel değişkenleri ortaya koymayı amaçlayan bu çalışmadan elde edilen bulgular, sessiz istifanın son yıllarda hızla genişleyen bir araştırma alanı haline geldiğini ancak bu genişlemenin ağırlıklı olarak nicel araştırmalar üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir. Yayınların %79,4'ünün 2023-2026 yılları arasında gerçekleştirilmiş olması, sessiz istifaya ilişkin akademik ilginin yeni ve hızlı biçimde gelişen bir araştırma alanı olduğuna işaret etmektedir. Özellikle 2025 ve 2026 yıllarında yayın sayısında yaşanan artış, sessiz istifa olgusunun çalışma yaşamındaki dönüşümlerle birlikte akademik araştırmaların da gündemine yerleştiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan incelenen veri setinde 2022 yılı ve öncesine ait çalışmaların da bulunması sessiz istifa davranışlarının tamamının yeni olmadığını, işten çekilme, psikolojik geri çekilme ve işe yönelik bağlılıksızlık gibi davranışların daha önce de örgütsel davranış literatüründe incelendiğini göstermektedir. Dolayısıyla bulgular, sessiz istifanın hem güncel bir kavramsal görünürlüğe sahip olduğunu hem de daha önceki literatürle süreklilik taşıdığını desteklemektedir.

Bu sonuç, çalışmanın kuramsal bölümünde yer verilen iki tamamlayıcı yaklaşım açısından ele alındığında, birinci yaklaşım sessiz istifayı pandemi sonrasında çalışma hayatında görünürlük kazanan yeni bir çalışan davranışı olarak değerlendirirken, ikinci yaklaşım davranışın tamamıyla yeni olmadığını, daha önce farklı kavramlarla açıklanan davranışların güncel çalışma koşulları içerisinde sessiz istifa adı altında yeniden kavramsallaştırıldığını iddia etmektedir. İncelenen çalışmaların önemli bölümünde sessiz istifanın işe adanmışlık, çalışan bağlılığı, işten çekilme, tükenmişlik, stres ve işten ayrılma niyeti gibi daha önce yaygın olarak kullanılan kavramlarla ele alınması ikinci yaklaşımın literatürde önemli ölçüde desteklendiğini ortaya koymaktadır.

Bulguların yöntemsel yapısı ise literatürde nicel araştırma ağırlığı bulunduğunu göstermektedir. Çalışmaların %78,3'ünün nicel yöntemle dayanması ve %71,9'unda anket veya ölçeklerin temel veri toplama aracı olarak kullanılması, sessiz istifanın ağırlıklı olarak çalışanların öz bildirimleri üzerinden ölçüldüğünü göstermektedir. Regresyon ve yapısal eşitlik modellemesi gibi çok değişkenli analizlerin yaygın kullanımı, sessiz istifanın farklı bireysel ve örgütsel değişkenlerle ilişkisini açıklamaya yönelik güçlü bir eğilimin bulunduğunu göstermektedir. Buna karşılık, nitel araştırmaların %6,3 oranında kalması, çalışanların sessiz istifaya yükledikleri anlamın, bu davranışın ortaya çıktığı çalışma deneyimlerinin ve çalışanlar açısından taşıdığı anlamın literatürde görece sınırlı ele alındığını göstermektedir.

Örneklem dağılımının da sağlık ve eğitim gibi belirli sektörlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Araştırmalarda sağlık ve eğitim çalışanlarının öne çıkması, sessiz istifanın özellikle yüksek iş talepleri, yoğun çalışma koşulları ve örgütsel ilişkilerin belirgin olduğu meslek grupları üzerinden incelendiğini ortaya koymaktadır. Farklı sektörlerdeki çalışanların sınırlı biçimde temsil edilmesi ise sessiz istifanın sektörler arasındaki farklı görünümlerinin karşılaştırılması bakımından literatürde geliştirilmesi gereken bir alanı göstermektedir.

Sessiz istifayla birlikte en fazla incelenen değişkenlerin işe adanmışlık ve çalışan bağlılığı (%22,9), liderlik ve yönetici davranışları (%21,3), tükenmişlik (%16,6), stres, iş yükü ve iş talepleri (%11,5) olması, araştırmaların ağırlıklı çalışan ile örgüt arasındaki ilişkinin niteliğine odaklandığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, çalışmanın kuramsal bölümünde ele alınan İş Talepleri-Kaynakları Modeli, Sosyal Değişim Teorisi ve Öz-Belirleme Teorisi çerçevesinde değerlendirilebilir. Özellikle iş taleplerinin artması, kaynakların yetersizliği, örgütsel destek ve liderlik ilişkilerindeki sorunlar ile motivasyon ve bağlılık düzeyindeki değişimler, çalışanın örgütten tamamen ayrılmadan katkısını azaltmasını açıklayan önemli değişkenler olarak öne çıkmaktadır.

Öte yandan literatürde sessiz istifanın işten ayrılma niyetiyle birlikte incelendiği çalışmaların da önemli bir yer tutması, bu davranışın örgütsel sonuçları bakımından ayrıca değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Sessiz istifada çalışan örgütte kalmaya devam ettiği için doğrudan işten ayrılmadan farklı bir davranış söz konusu olmakla birlikte, işe yönelik bağlılığın ve gönüllü katkının azalması zaman içerisinde işten ayrılma niyetiyle ilişkili olabilmektedir. Bu nedenle sessiz istifayı çalışanların bireysel olarak daha az çaba göstermesi şeklinde değerlendirmek yerine, çalışan ve örgüt ilişkisindeki değişimin bir göstergesi olarak ele almak daha açıklayıcı görünmektedir.

Literatürde sessiz istifa kavramının kullanımının henüz tam anlamıyla standartlaşmamış olması, çalışmanın bir diğer önemli sonucunu oluşturmaktadır. Taranan çalışmaların %31,2'sinde doğrudan quiet quitting/sessiz istifa ifadesinin kullanıldığı, %35,6'sında work withdrawal, psychological withdrawal veya benzeri geri çekilme kavramlarının ve %11,9'unda work disengagement ve ilişkili kavramların kullanılması, araştırma alanının kavramsal açıdan gelişmeye devam ettiğini göstermektedir. Bu durum aynı zamanda sessiz istifa kavramının daha geniş bir geri çekilme davranışları literatürü içerisinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu sistematik inceleme sessiz istifanın, davranışsal temelleri örgütsel davranış literatürüne uzanan ancak çalışma hayatında yeni görünürlük kazanan bir olgu olduğunu göstermektedir. Literatürün hızla büyümesine karşın araştırmaların nicel yöntemlere, öz bildirime dayalı ölçümlere ve belirli sektörlerle yoğunlaşması, alanın gelişme aşamasında olduğunu ortaya koymaktadır. Bundan sonraki araştırmalarda nitel ve karma yöntemlerin daha fazla kullanılması, farklı sektör ve meslek gruplarının karşılaştırılması ve sessiz istifanın çalışanlar tarafından anlamlandırılma biçiminin incelenmesi, literatürün kavramsal ve ampirik gelişimine katkı sağlayacaktır. Ayrıca sessiz istifanın işe adanmışlık, tükenmişlik, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti ve geri çekilme davranışlarıyla ilişkilerinin net biçimde ayrıştırılması, kavramın örgütsel davranış literatürü içindeki konumunun belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

ABOUSWEILEM, F., ALZGHOUL, A., KHADDAM, A. A. ve KHADDAM, L. A. (2026). "Revealing The Effects Of Business Intelligence Tools On Technostress And Withdrawal Behavior: The Context Of A Developing Country", *Information Development*, 42(1): 125-137.

AKDAĞ, E. M., CİVAN KAHVE, A., AY DİKER, R. ve DARBEN AZARSIZ, Y. (2026). "Work Life Balance and Psychological Wellbeing As Correlates Of Quiet Quitting Among Physicians", *Scientific Reports*, 16, 1234.

ARANTES, J. ve VICARS, M. (2024). "Always On Standby: Acknowledging The Psychosocial Risk Of Our Postdigital Presence In Online Digital Labour In Higher Education", *Higher Education Research & Development*, 43(3): 606-619.

BAKKER, A.B. ve DEMEROUTI, E. (2007). "The Job Demands-Resources Model: State of The Art", *Journal of Managerial Psychology*, 22(3): 309-328.

BAZARGAN, A., BYGRAVE, C., SINGH SAINI, D. ve EZE, S. (2025). "Beyond The EVLN Model: Quiet Quitting And The Evolving Dynamics Of Job Dissatisfaction In Human Resource Management", *The International Journal of Human Resource Management*, 36(15): 2785-2814.

BERNUZZI, C., PAGANIN, G., PETRILLI, S. ve MARGHERITTI, S. (2025). "Old Trends In New Clothing? Exploring The Quiet Quitting Phenomenon Through A Scoping Review", *Current Psychology*, 44 (11): 10990-11010.

BORDOLOI, S., SHARMA, A. ve DHAR, R. L. (2025). "Leveraging SOR Theory To Understand Quiet Quitting: Systematic Insights From Existing Research", *Management Review Quarterly*, 1-30.

DEMEROUTI, E., BAKKER, A. B., NACHREINER, F. ve SCHAUFELI, W. B. (2001). "The Job Demands-Resources Model Of Burnout", *Journal of Applied Psychology*, 86(3): 499-512.

FARRELL, D. (1983). "Exit, Voice, Loyalty, And Neglect As Responses To Job Dissatisfaction: A Multidimensional Scaling Study", *Academy of Management Journal*, 26(4): 596-607.

FORMICA, S. ve SFODERA, F. (2022). "The Great Resignation and Quiet Quitting Paradigm Shifts: An Overview Of Current Situation And Future Research Directions", *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 31(8): 899-907.

GALANIS, P., KATSIROUMPA, A., VRAKA, I., SISKOU, O., KONSTANTAKOPOULOU, O., MOISOGLOU, I., GALLOS, P., KAITELIDOU, D. (2023). "The Quiet Quitting Scale: Development And Initial Validation", *AIMS Public Health*. 10(4):828-848.

GALANIS, P., KATSIROUMPA, A., MOISOGLOU, I., KALOGEROPOULOU, M., GALLOS, P. ve VRAKA, I. (2024). "Emotional Intelligence Protects Nurses Against Quiet Quitting, Turnover Intention, And Job Burnout", *AIMS Public Health*, 11(2): 601.

GALANIS, P., MOISOGLU, I., KATSIROUMPA, A., GALLOS, P., KALOGEROPOULOU, M., MEIMETI, E. ve VRAKA, I. (2025). "Workload Increases Nurses' Quiet Quitting, Turnover Intention, And Job Burnout: Evidence From Greece", *AIMS Public Health*, 12(1): 44.

GÜN, İ., ÇETİNKAYA KUTUN, F. ve SÖYÜK, S. (2025). "Mediating Effect Of Turnover Intention On The Relationship Between Job Burnout And Quiet Quitting in Nurses", *Journal of Advanced Nursing*, 81(10): 6569-6577.

HOŞGÖR, H.K., GÜNDÜZ HOŞGÖR, D., GÜN, İ. ve YILMAZ, S. (2026). "The Association Between Intrinsic Motivation And Quiet Quitting Among Healthcare Workers In Türkiye: A Cross-Sectional Study Of The Mediating Roles Of Organizational Identification And Work Engagement", *Front. Psychol.* 17:1905599.

ISLAM, M. A., SOMU, S. ve KARATEPE, O. M. (2026). "Antecedents And Consequences Of Quiet Quitting: A Systematic Literature Review", *The Service Industries Journal*, 1-36.

KANG, J., KIM, H., CHO, O.H. (2023). "Quiet Quitting Among Healthcare Professionals In Hospital Environments: A Concept Analysis And Scoping Review Protocol", *BMJ Open*. 13(11):e077811.

KARRANI, M. A., BANI-MELHEM, S. ve MOHD-SHAMSUDIN, F. (2024). "Employee Quiet Quitting Behaviours: Conceptualization, Measure Development, And Validation". *The Service Industries Journal*, 44(3-4): 218-236.

KRAUS, S., BREIER, M., LİM, W. M., DABIĆ, M., KUMAR, S., KANBACH, D. ve FERREIRA, J. J. (2022). "Literature Reviews As Independent Studies: Guidelines For Academic Practice". *Review of Managerial Science*, 16(8), 2577-2595.

LU, M., AL MAMUN, A., CHEN, X., YANG, Q., ve MASUKUJJAMAN, M. (2023). "Quiet Quitting During COVID-19: The Role of Psychological Empowerment", *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1).

MAGRIZOS, S., AYDINLIYIM, L. E., ROUMPI, D., PORTER, C. M., PHILLIPS, J. M. ve DELERY, J. E. (2026). "The Disquiet Of Quiet Quitting: Definitional Clarity, Theoretical Pathways, And Future Research", *Human Resource Management*, 65(4): 1015-1032.

MAHAND, T. ve CALDWELL, C. (2023). "Quiet Quitting–Causes And Opportunities", *Business and Management Research*, 12(1): 9-19.

MAHESHWARI, G. (2026). "Quiet Quitting In The Contemporary Workplace Discourse: A Systematic Literature Review Of Antecedents, Sectoral Dynamics, And Strategic Interventions", *Management Review Quarterly*, 1-46.

MOISOGLU, I., KATSIROUMPA, A., KONSTANTAKOPOULOU, O., PAPATHANASIOU, I. V., PRASINI, I., REKLEITI, M. ve GALANIS, P. (2025). "Resilience Protects Nurses From Workplace Gaslighting And Quiet Quitting, And Improves Their Work Engagement: A Cross-Sectional Study in Greece", *Healthcare*, 13 (16): 2064. MDPI.

PAGE, M. J., MCKENZIE, J. E., BOSSUYT, P. M., BOUTRON, I., HOFFMAN, T. C., MULROW, C. D., ... ve MOHER, D. (2021). "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews". *BMJ*, 372.

PRENTICE, C., DOMINIQUE-FERREIRA, S., WANG, X., TUOMINEN, J., DUARTE, M. ve ROCHA, H. (2025). "Work-Life Imbalance, Burning Out, Feeling Down, I Will Quit, But Quietly–The Case Of Hospitality Employees", *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 34(1): 24-45.

- RYAN, R. M. ve DECI, E. L. (2000). "Self-Determination Theory And The Facilitation Of Intrinsic Motivation, Social Development, And Well-Being", *American Psychologist*, 55(1), 68.
- SALESSI, S. (2024). "Renuncia Silenciosa: Propuesta De Una Red Nomológica De Antecedentes, Consecuencias Y Terceras Variables", *Revista Psicodebate: Psicología, Cultura Y Sociedad*, 24(2): 51-62.
- SAMNANI, A. K. ve ROBERTSON, K. (2025). "More Than A Personal Decision: A Relational Theory Of Quiet Quitting", *Human Resource Management*, 64(5): 1321-1335.
- SERENKO, A. (2024). "The Human Capital Management Perspective On Quiet Quitting: Recommendations For Employees, Managers, And National Policymakers". *Journal of Knowledge Management*, 28 (1): 27-43.
- SHAN, B. ve JIN, X. (2026). "How The Negative Role Of Authoritarian Leadership Leads To Quiet Quitting: The Moderated Mediating Role Of Involuntary Presenteeism", *Frontiers in Psychology*, 17, 1821724.
- Smeets, A. G. J. M., Van Ede, A. E., Vorstenbosch, M. A. T. M. ve Van Gorp, P. J. (2025). "From Quiet Quitting To Open Dialogue In Medical Education: Longitudinal Student Perspectives On The Evolution Of Student Engagement", *Academic Medicine*, 100(3): 312–320.
- TALUKDER, M. F. ve PRIETO, L. (2025). "A "Quiet Quitting" Scale: Development And Validation", *International Journal of Organizational Analysis*, 33(6): 1487-1510.
- TRANFIELD, D., DENYER D., & SMART, P. (2003). "Towards A Methodology For Developing Evidence-informed Management Knowledge By Means Of Systematic Review". *British Journal of Management*, 14(3), 207-222.
- UBILLOS-LANDA, S., PUENTE-MARTINEZ, A. ve GONZALEZ-CASTRO, J. L. (2023). "Psychological Withdrawal And Mental Health During The COVID-19 Pandemic: A Longitudinal Study", *Psychology & Health*, 38(10): 1361-1377.
- YILDIZ, A., EKINGEN, E., GÜN, İ. ve YILDIRIM, M. (2024). "Validity And Reliability Study Of The Turkish Version Of The Quiet Quitting Scale In Healthcare Workers", *BMC Psychol* 12(1), 730.
- YOUNG, K. M., ISAACS, K. M. ve JANSEN, K. L. (2025). "Perspectives on Quiet Quitting in Family Medicine Residency Programs", *Family Medicine*, 57(2): 115-122.
- ZLATANOVIC, S., SOVILJ, R. ve MAKSIMOVIC, M. (2025). "The Quiet Quitting Phenomenon In Digital Workplaces: A Legal-Theoretical And Comparative Analysis", *Rev. Eur. & Comp. L.*, 62, 133.

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMIYLA GIDA LOJİSTİĞİNDE DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Öğr. Gör. Ali Aygün YÜRÜYEN^{*1}, Prof. Dr. Alptekin ULUTAŞ²

¹ Ardahan Üniversitesi

² İnönü Üniversitesi

* Corresponding Author: Ali Aygün YÜRÜYEN
aliaygunyuruyen@ardahan.edu.tr

1. GİRİŞ

Gıda lojistiği, gıda ürünlerinin üretim noktasından nihai tüketiciye ulaştırılmasına kadar gerçekleşen taşıma, depolama, dağıtım ve bilgi akışının planlanması, uygulanması ve kontrolünü kapsayan tedarik zinciri yönetiminin önemli bir alt alanıdır. Küreselleşme, gıda kaynaklı hastalıklar ve tüketicilerin güvenli, kaliteli ve izlenebilir ürünlere yönelik artan beklentileri, gıda tedarik zincirinin yönetimini daha karmaşık hale getirmiştir. Bu nedenle ürün kalitesinin korunması, izlenebilirliğin sağlanması ve lojistik süreçlerin etkin şekilde yönetilmesi, günümüz gıda lojistiğinin temel öncelikleri arasında yer almaktadır (Soysal vd., 2012; Maravić vd., 2025).

Gıda ürünleri, biyolojik yapıları nedeniyle diğer ürün gruplarından farklı lojistik gereksinimlere sahiptir. Özellikle taze meyve ve sebzeler, et, balık, tavuk ve süt ürünleri gibi sıcaklık kontrollü taşınması gereken ürünlerde, soğuk zincirin kesintisiz sürdürülmesi ürün kalitesi ve gıda güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Uygun sıcaklık koşullarının bozulması, ürün kalitesinin düşmesine, raf ömrünün kısalmasına ve gıda kaynaklı sağlık risklerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle frigorifik taşıma sistemlerinin etkin kullanımı ve lojistik süreçlerin doğru yönetimi, güvenli gıda tedarikinin temel unsurları arasında yer almaktadır (Atlatırlar, 2017; Taş ve Gündüz, 2021).

Bununla birlikte, gıda lojistiğinde kalite ve güvenliğin sağlanması yalnızca uygun taşıma koşullarına bağlı değildir. Doğru talep tahmini, etkin envanter yönetimi, zamanında teslimat ve uygun maliyetli lojistik operasyonları, tedarik zinciri performansını doğrudan etkileyen unsurlardır. Sanayi ekonomisinin sürdürülebilir büyümesi, ürünlerin doğru zamanda, doğru yerde, doğru miktarda ve uygun maliyetle tüketicilere ulaştırılmasına bağlıdır (Perez ve Furnols, 2009; Matloub vd., 2012; Ortiz-Barrios vd., 2019).

Son yıllarda dijital dönüşüm, gıda lojistiğinin daha verimli, şeffaf ve sürdürülebilir hale getirilmesinde önemli bir itici güç olmuştur. Nesnelerin İnterneti (IoT), blok zinciri, büyük veri analitiği, otomasyon, robotik ile bulut ve uç bilişim teknolojileri; gerçek zamanlı veri paylaşımı, izlenebilirlik, süreç optimizasyonu ve karar destek mekanizmalarını güçlendirerek tedarik zinciri performansını artırmaktadır. Aynı zamanda bu teknolojiler, gıda kayıpları ve israfının azaltılmasına, kaynak kullanımının iyileştirilmesine ve sürdürülebilir gıda sistemlerinin oluşturulmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Gıda kayıpları ve israfı; üretimden tüketime kadar tedarik zincirinin tüm aşamalarında ortaya çıkabilmekte olup, bunların azaltılması çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından stratejik önem taşımaktadır (Mendoza-Fong vd., 2018; Nikolicic vd., 2021).

Gıda lojistiğinde hangi dijital teknolojinin daha yüksek performans sağlayacağını belirlemek; operasyonel verimlilik, esneklik, sürdürülebilirlik, izlenebilirlik, bilgi güvenilirliği, analiz yeteneği, ölçeklenebilirlik ve maliyet gibi birden fazla kriterin birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir karar problemidir. Bu tür problemlerin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, alternatiflerin farklı kriterler altında nesnel ve sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışmada gıda lojistiğinde kullanılan dijital teknolojilerin değerlendirilmesi amacıyla kriter ağırlıkları LOPCOW yöntemiyle belirlenmiş, alternatiflerin performansları ise WEDBA yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmada kriter ağırlıkları LOPCOW yöntemi ile belirlenmiş, alternatif dijital teknolojiler ise WEDBA yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Böylece, gıda lojistiğinde dijital teknoloji seçimine yönelik objektif, sistematik ve karar vericilere uygulanabilir bir değerlendirme modeli sunulması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, gıda lojistiğine yönelik literatürde gerçekleştirilen çalışmalar ele alınmaktadır.

Tablo 1: Literatür Taraması

Yazar(lar)	Yıl	Yöntemler
Ortiz-Barrios vd.	2019	AHP, DEMATEL ve TOPSIS
Rezaei vd.	2019	BWM
Melkonyan vd.	2020	Sistem Dinamiği
Krstić vd.	2022	AHP ve Maliyet Dağılımı Analizi
Rong vd.	2022	Bulanık Kümeler
Nguyen vd.	2022	Gri AHP ve Gri COPRAS
Ada	2022	Bulanık AHP ve Bulanık VIKOR
Krstić ve Tadić	2023	Bulanık FARE ve Bulanık ADAM
Arslan vd.	2023	<u>Ayrıştırılmış bulanık kümeler</u>
Andrejic ve Pajic,	2025	BWM, QFD ve MARCOS
Atlı	2026	AHP

3. METODOLOJİ

Bu araştırmada, gıda lojistiğinde kullanılan dijital teknolojilerin lojistik hizmet sağlayıcıları perspektifinden değerlendirilmesi amacıyla LOPCOW ve WEDBA yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Bu doğrultuda, değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde LOPCOW yönteminden yararlanılmış, dijital teknoloji alternatiflerinin performanslarının değerlendirilmesi ve nihai sıralamasının oluşturulmasında ise WEDBA yöntemi uygulanmıştır.

3.1. LOPCOW Yöntemi

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Ecer ve Pamucar tarafından geliştirilen LOPCOW yönteminin uygulama aşamaları aşağıda sunulmuştur (Ecer ve Pamucar, 2022).

Adım 1: Karar problemine ilişkin karar matrisi oluşturulur.

$$A = [a_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

Adım 2: Denklem (1)'de oluşturulan karar matrisindeki veriler, fayda ve maliyet yönlü kriterler dikkate alınarak Denklem (2) ve Denklem (3)'te verilen normalizasyon eşitlikleri yardımıyla normalize edilir.

$$d_{ij} = \frac{a_{ij} - a_{ijmin}}{a_{ijmax} - a_{ijmin}} \quad \text{eğer } j \in BN \quad (2)$$

$$d_{ij} = \frac{a_{ijmax} - a_{ij}}{a_{ijmax} - a_{ijmin}} \quad \text{eğer } j \in CS \quad (3)$$

Adım 3: Normalize edilmiş değerlere bağlı olarak her bir kriter için yüzde değerleri (PVI_{ij}) elde edilir.

$$PVI_{ij} = \left| \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m d_{ij}^2}{m}}}{\sigma} \right) \cdot 100 \right| \quad (4)$$

Denklem (4)'te kullanılan σ ifadesi, standart sapma değerini göstermektedir.

Adım 4: Karar kriterlerinin ağırlıkları, Denklem (5)'te verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$w_{jLOPCOW} = \frac{PVI_{ij}}{\sum_{i=1}^n PVI_{ij}} \quad (5)$$

3.2. WEDBA Yöntemi

Alternatiflerin nihai sıralamasının elde edilmesinde kullanılan WEDBA yönteminin hesaplama adımları aşağıda ayrıntılı olarak sunulmaktadır (Rao ve Singh, 2011; Jain ve Ajmera, 2019; Toslak, Aktürk ve Ulutaş, 2022).

Adım 1: Karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi, Denklem (1)'de verilmiştir.

Adım 2: Karar matrisindeki değerler, Denklem (6) ve 7'de verilen normalizasyon prosedürü doğrultusunda normalize edilir.

$$p_{ij} = \frac{\min(a_{ij})}{a_{ij}} \text{ if } j \in BN \quad (6)$$

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max(a_{ij})} \text{ if } j \in CS \quad (7)$$

Adım 3: Normalize karar matrisindeki değerler, Denklem (18) kullanılarak standardize edilir.

$$g_{ij} = \frac{p_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (8)$$

Burada μ_j , j . kritere ait ortalama değeri; σ_j ise j . kriterin standart sapma değerini ifade etmektedir. μ_j değeri Denklem (9) kullanılarak, σ_j değeri ise Denklem (20) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^m p_{ij}}{m} \quad (9)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (p_{ij} - \mu_j)^2}{m}} \quad (10)$$

Adım 4: Her bir kriter için ideal (f_{ij}^+) ve anti-ideal (f_{ij}^-) değerler, sırasıyla Denklem (11) ve Denklem (12) doğrultusunda elde edil

$$f_{ij}^+ = \max(f_{ij}) \quad (11)$$

$$f_{ij}^- = \min(f_{ij}) \quad (12)$$

Adım 5: Her bir alternatifin ideal ve anti-ideal çözümlere göre ağırlıklı Öklid uzaklıkları (WED_i^+ , WED_i^-) ile Dizin Skoru (DS_i) hesaplanarak elde edilir.

$$WED_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j (f_{ij} - f_{ij}^+)\}^2} \quad (13)$$

$$WED_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j (f_{ij} - f_{ij}^-)\}^2} \quad (14)$$

$$DS_i = \frac{WED_i^-}{WED_i^- + WED_i^+} \quad (15)$$

Dizin Skoru (DS_i) en yüksek olan alternatif, karar problemi açısından en uygun seçenek olarak kabul edilir.

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, gıda lojistiğinde kullanılan dijital teknolojilerin değerlendirilmesi ve sıralanması amacıyla Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımı uygulanmış ve lojistik hizmet sağlayıcıları açısından uygulanabilir sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu kapsamda, yaygın olarak kullanılan beş farklı dijital teknoloji; Nesnelerin İnterneti (IoT) (A1), blok zinciri teknolojisi (A2), büyük veri (A3), otomasyon ve robotik (A4) ile bulut ve uç bilişim (A5), operasyonel verimlilik (C1), esneklik ve çeviklik (C2), sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği (C3), gıda güvenliği ve izlenebilirliği (C4), bilgilerin güvenilirliği ve doğruluğu (C5), ölçüm ve analiz yeteneği (C6), ölçeklenebilirlik ve birlikte çalışabilirlik (C7), uygulama hızı ve pratik kabul (C8) ile yatırım ve işletme maliyetleri (C9) olmak üzere dokuz değerlendirme kriteri açısından incelenmiştir. Değerlendirme sürecinde, yalnızca yatırım ve işletme maliyetleri (C9) maliyet yönlü kriter olarak ele alınırken, diğer tüm kriterler fayda yönlü kriterler kapsamında değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde LOPCOW yöntemi kullanılmış, dijital teknoloji alternatiflerinin performanslarının değerlendirilmesi ve nihai sıralamasının elde edilmesinde ise WEDBA yöntemi uygulanmıştır. Analizlerde kullanılan karar matrisi, Maravić vd. (2025) tarafından yayımlanan "Evaluation of Digital Technologies in Food Logistics: MCDM Approach from the Perspective of Logistics Providers" başlıklı çalışmadan alınmıştır.

Tablo 2: Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A1	9	7	7	10	9	8	6	7	7
A2	6	5	6	9	10	7	5	4	4
A3	7	6	7	8	8	9	7	5	6
A4	8	8	8	7	7	8	6	4	3
A5	7	9	6	8	8	8	8	8	9

Kaynak: Maravić vd., 2025

4.1 Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Karar matrisi oluşturulduktan sonra, kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW yöntemi aracılığıyla belirlenmiştir.

4.1.1 LOPCOW Yöntemi Kullanılarak Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Tablo 2'de sunulan karar matrisi, Denklem (2) ve Denklem (3)'te verilen normalizasyon işlemleri uygulanarak normalize edilmiştir. Elde edilen normalize karar matrisi Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3: LOPCOW Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A1	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	0,6667	0,5000	0,3333	0,7500	0,3333
A2	0,0000	0,0000	0,0000	0,6667	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8333
A3	0,3333	0,2500	0,5000	0,3333	0,3333	1,0000	0,6667	0,2500	0,5000
A4	0,6667	0,7500	1,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,3333	0,0000	1,0000
A5	0,3333	1,0000	0,0000	0,3333	0,3333	0,5000	1,0000	1,0000	0,0000

Tablo 3'te sunulan normalize karar matrisi değerlerine Denklem (4) ve Denklem (5) uygulanarak LOPCOW yöntemine göre kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4: LOPCOW Yöntemi Sonucu

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
PVI_{ij}	45,8123	50,7365	39,9254	45,8123	45,8123	55,6501	45,8123	35,9232	53,008
$w_{jLOPCOW}$	0,1095	0,1212	0,0954	0,1095	0,1095	0,1330	0,1095	0,0858	0,1267

Tablo 4'te sunulan LOPCOW yöntemi sonuçları, ölçüm ve analiz yeteneği (C6) kriterinin en yüksek önem ağırlığına sahip olduğunu, buna karşılık uygulama hızı ve pratik kabul (C8) kriterinin en düşük ağırlık değerini aldığını göstermektedir.

4.2 Alternatiflerin Sıralanması

LOPCOW yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları, dijital teknoloji alternatiflerinin değerlendirilmesi amacıyla WEDBA yöntemine aktarılmış ve bu doğrultuda alternatiflerin performansları analiz edilerek nihai sıralama elde edilmiştir.

4.2.1 WEDBA Yöntemi Kullanılarak Alternatiflerin Sıralanması

Tablo 2'de sunulan karar matrisi, Denklem (6) ve Denklem (7)'de verilen normalizasyon eşitlikleri kullanılarak normalize edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen normalize karar matrisi Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5: WEDBA Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A1	1	0,7778	0,8750	1	0,9	0,8889	0,75	0,875	0,4286
A2	0,6667	0,5556	0,7500	0,9	1	0,7778	0,625	0,5	0,75
A3	0,7778	0,6667	0,8750	0,8	0,8	1	0,875	0,625	0,5
A4	0,8889	0,8889	1	0,7	0,7	0,8889	0,75	0,5	1
A5	0,7778	1	0,7500	0,8	0,8	0,8889	1	1	0,3333

Normalize karar matrisinde yer alan değerler, Denklem (8)'de verilen standartlaştırma işlemi uygulanarak standardize edilmiştir. Elde edilen standardize karar matrisi Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6: Standardize Edilmiş Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A1	1,4033	0	0,239	1,4033	0,5262	0	-0,3508	0,7707	-0,6421
A2	-1,2279	-1,2649	-0,9562	0,5262	1,4033	-1,4142	-1,2279	-0,8808	0,5455
A3	-0,3508	-0,6325	0,239	-0,3508	-0,3508	1,4142	0,5262	-0,3303	-0,3783
A4	0,5262	0,6325	1,4343	-1,2279	-1,2279	0	-0,3508	-0,8808	1,4692
A5	-0,3508	1,2649	-0,9562	-0,3508	-0,3508	0	1,4033	1,3212	-0,9942

Denklem 11 yardımıyla ideal değerler, Denklem 12 yardımıyla ise anti-ideal değerler hesaplandı. Alternatiflerin Öklid uzaklıkları Denklemler 13 ve 14 uygulanarak hesaplandı.

Denklem 15 uygulanarak her bir alternatifin dizin skoru elde edildi. Sonuçlara ilişkin değerler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: WEDBA Yöntemi Sonuçları

	WED_1^+	WED_1^-	DS_i	Sıralama
A1	0,4379	0,5533	0,5582	1
A2	0,7156	0,3975	0,3571	5
A3	0,5106	0,4829	0,4861	4
A4	0,5377	0,5327	0,4977	2
A5	0,5436	0,5251	0,4913	3

WEDBA yöntemine göre gıda lojistiğinde kullanılan dijital teknolojilerden nesnelerin interneti (IoT) (A1) en iyi performansı göstermiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, gıda lojistiğinde kullanılan dijital teknolojilerin değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımından yararlanılmıştır. Bu doğrultuda, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde LOPCOW yöntemi, dijital teknoloji alternatiflerinin performanslarının değerlendirilmesi ve sıralanmasında ise WEDBA yöntemi uygulanmıştır. Analiz kapsamında Nesnelerin İnterneti (IoT), blok zinciri teknolojisi, büyük veri, otomasyon ve robotik ile bulut ve uç bilişim olmak üzere beş dijital teknoloji; operasyonel verimlilik, esneklik ve çeviklik, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği, gıda güvenliği ve izlenebilirliği, bilgilerin güvenilirliği ve doğruluğu, ölçüm ve analiz yeteneği, ölçeklenebilirlik ve birlikte çalışabilirlik, uygulama hızı ve pratik kabul ile yatırım ve işletme maliyetleri olmak üzere dokuz değerlendirme kriteri çerçevesinde incelenmiştir.

LOPCOW yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları incelendiğinde, ölçüm ve analiz yeteneği (C6) kriterinin en yüksek önem ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, gıda lojistiğinde dijital teknolojilerin değerlendirilmesinde veri toplama, analiz etme ve karar destek süreçlerine katkı sağlayan yeteneklerin öncelikli bir unsur olarak görüldüğünü göstermektedir. Buna karşılık, uygulama hızı ve pratik kabul (C8) kriterinin en düşük ağırlık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. LOPCOW yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları WEDBA yöntemine aktarılmış ve dijital teknoloji alternatiflerinin performansları değerlendirilmiştir. WEDBA yöntemi sonuçlarına göre, Nesnelerin İnterneti (IoT) (A1) en yüksek performans değerine ulaşarak gıda lojistiğinde en uygun dijital teknoloji alternatifi olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma gıda lojistiğinde dijital teknoloji seçiminde LOPCOW ve WEDBA yöntemlerinin birlikte uygulanabilirliğini ortaya koymakta ve lojistik hizmet sağlayıcıları için karar verme sürecini destekleyecek

objektif bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır. Elde edilen bulguların, dijital dönüşüm yatırımlarının planlanmasında ve uygun teknolojilerin belirlenmesinde karar vericilere yol gösterici nitelikte olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Ada, N. (2022). Sustainable supplier selection in agri-food supply chain management. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 7(1), 115.
- Andrejic, M., & Pajic, V. (2025). Integrated BWM-QFD-MARCOS framework for strategic decision-making in cold chain logistics. *Journal of operational and strategic analytics*, 3(1), 23-33.
- Arslan, Ö., Karakurt, N., Cem, E., & Cebi, S. (2023). Risk analysis in the food cold chain using decomposed fuzzy set-based FMEA approach. *Sustainability*, 15(17), 13169.
- Atlatırlar, T. (2017). Soğuk zincir ürünlerinin sıcaklıklarının kontrolü ve doğrulanması. <http://www.lojistikdunyasi.net/soguk-zincir-urunlerinin-sicakliklarinin-kontrolu-ve-dogrulanmasi.html>
- Atlı, H. (2026). Tarım Tedarik Zincirinde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Kullanılarak Tedarik Zinciri Risk Değerlendirmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 13(2), 91-101.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 112, 102690. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102690>
- Jain, V., & Ajmera, P. (2019). Application of MADM methods as MOORA and WEDBA for ranking of FMS flexibility. *International Journal of Data and Network Science*, 3(2), 119-136.
- Krstić, M., Agnusdei, G. P., Miglietta, P. P., & Tadić, S. (2022). Logistics 4.0 toward circular economy in the agri-food sector. *Sustainable Futures*, 4, 100097.
- Krstić, M., & Tadić, S. (2023). Hybrid multi-criteria decision-making model for optimal selection of cold chain logistics service providers. *J. Organ. Technol. Entrep*, 1(2), 77-87.
- Maravić, A., Pajić, V., & Andrejić, M. (2025). Evaluation of Digital Technologies in Food Logistics: MCDM Approach from the Perspective of Logistics Providers. *Logistics*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.3390/logistics10010006>
- Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., & Spinler, S. (2020). Sustainability assessment of last-mile logistics and distribution strategies: The case of local food networks. *International Journal of Production Economics*, 228, 107746.
- Mendoza-Fong, J. R., García-Alcaraz, J. L., Jiménez Macías, E., Ibarra Hernández, N. L., Díaz-Reza, J. R., & Blanco Fernández, J. (2018). Role of information and communication technology in green supply chain implementation and companies' performance. *Sustainability*, 10(6), 1793.
- Nguyen, N. A. T., Wang, C. N., Dang, L. T. H., Dang, L. T. T., & Dang, T. T. (2022). Selection of cold chain logistics service providers based on a grey AHP and grey COPRAS framework: a case study in Vietnam. *Axioms*, 11(4), 154.
- Nikolicic, S., Kilibarda, M., Maslaric, M., Mircetic, D., & Bojic, S. (2021). Reducing food waste in the retail supply chains by improving efficiency of logistics operations. *Sustainability*, 13(12), 6511.
- Perez, C., de Castro, R., & i Furnols, M. F. (2009). The pork industry: a supply chain perspective. *British Food Journal*, 111(3), 257.
- Rao, R. V., & Singh, D. (2011). Evaluating flexible manufacturing systems using Euclidean distance-based integrated approach. *International Journal of Decision Sciences, Risk and Management*, 3(1-2), 32-53. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.04.009>
- Rezaei, J., Papakonstantinou, A., Tavasszy, L., Pesch, U., & Kana, A. (2019). Sustainable product-package design in a food supply chain: A multi-criteria life cycle approach. *Packaging Technology and Science*, 32(2), 85-101.
- Rong, L., Wang, L., & Liu, P. (2022). Supermarket fresh food suppliers evaluation and selection with multigranularity unbalanced hesitant fuzzy linguistic information based on prospect theory and evidential theory. *International Journal of Intelligent Systems*, 37(3), 1931-1971.

Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Meuwissen, M. P., & van der Vorst, J. G. (2012). A review on quantitative models for sustainable food logistics management. *International Journal on Food System Dynamics*, 3(2), 136-155.

Taş, A., & Gündüz, M. (2021). Gıda taşımacılığı sektörünü etkileyen kriterlerin analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (58), 353-366.

Toslak, M., Aktürk, B. ve Ulutaş, A. (2022). “MEREK ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi”. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 363-372.<https://doi.org/10.31590/ejosat.1041106>

PERFORMANCE AND FEASIBILITY ANALYSIS OF PERIODIC DFT CALCULATIONS OF AMINO ACID–GRAPHENE SURFACE INTERACTIONS ON THE UHEM INFRASTRUCTURE

Ph.D. Cand. Mehmet Erdem SÖZBİR^{*1}, Doç. Dr. Berkay SÜTAY¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü

* Corresponding Author: Mehmet Erdem SÖZBİR
sozbir20@itu.edu.tr

1. Introduction

Graphene is a carbon material composed of two-dimensional, single-atom-thick, sp²-hybridized carbon atoms arranged in a honeycomb lattice and has attracted considerable attention due to its outstanding mechanical, electronic, and chemical properties (Zou et al.). Its extended aromatic surface, chemical stability, and ability to form non-covalent interactions with various molecules through π – π and van der Waals interactions make graphene a suitable model system for investigating molecule–surface interactions at the atomic scale. Due to these properties, graphene is considered an important material not only for investigating molecular adsorption and surface interactions but also for sensor, biosensor, and surface-reaction-based applications (Zou et al.; Larijani et al.).

Amino acids are biomolecules that constitute the fundamental building blocks of proteins in living organisms (Nelson et al.). The standard amino acids that are directly used in protein synthesis and specified by the genetic code are referred to as proteinogenic amino acids, and there are twenty standard proteinogenic amino acids commonly found in proteins. In this study, all twenty of these amino acids are considered. Although these amino acids share a common basic molecular structure, they exhibit considerable diversity in properties such as size, charge, polarity, aromaticity, and chemical reactivity due to their different side chains. In addition to their fundamental roles in protein structure and function, amino acids and their derivatives are also important for pharmaceutical research, biomolecular diagnostics, and sensor applications. This structural and chemical diversity also leads to variations in the interaction and reaction behavior of amino acids with different surfaces. Therefore, the systematic investigation of the molecular interactions of the twenty proteinogenic amino acids is important not only for understanding biological processes at a fundamental level but also for application areas such as drug development, molecular recognition, and sensor technologies (Nelson et al.).

In this study, the adsorption behavior of twenty proteinogenic amino acids on the graphene surface was investigated using density functional theory with the same computational parameters. The calculations were performed on an 8×8 graphene supercell using the Quantum ESPRESSO software under periodic boundary conditions, while the initial adsorption geometries were determined by Monte Carlo sampling. This computational approach enabled the comparative evaluation of the adsorption geometries and energies of different amino acids.

The high memory and computational time requirements of models describing amino acid–graphene interactions significantly limit the execution of these calculations on local workstations. This study evaluates the contribution of the UHeM infrastructure to computational time, memory usage, and project feasibility in amino acid–graphene DFT calculations.

2. Methodology

A) Preparation of Molecular and Surface Models

The initial geometries of the twenty proteinogenic amino acids investigated in this study were optimized using the Quantum ESPRESSO software. Monte Carlo sampling was performed to determine suitable initial adsorption positions on graphene, and the structures with the highest Boltzmann probabilities were selected as the initial geometries for periodic DFT calculations.

In the periodic calculations, an 8×8 graphene supercell consisting of 128 carbon atoms was used. The amino acid molecules were placed on the graphene surface using the selected initial geometries, and the amino acid–graphene complexes were modeled under periodic boundary conditions.

B) DFT Computational Parameters

Periodic density functional theory calculations were performed using the Quantum ESPRESSO software (Giannozzi et al.). In this context, the Perdew–Burke–Ernzerhof functional and pseudopotential basis sets were used, and long-range dispersion interactions were taken into account using the Grimme DFT-D3 correction. The kinetic energy cutoff values for the wave functions and charge density were set to 50 Ry and 400 Ry, respectively. The Brillouin zone was sampled using a $3 \times 3 \times 1$ Monkhorst–Pack k-point grid. Geometry optimizations were carried out using the BFGS algorithm; the electronic convergence threshold was set to 1.0×10^{-6} Ry, while the force convergence threshold was set to 7.5×10^{-4} Ry/Bohr.

C) Computational Platforms

The calculations were performed using Quantum ESPRESSO version 7.x in two different computing environments: a local workstation and the UHeM Sariyer cluster. The local workstation was equipped with an AMD Ryzen 7 5700U processor with eight physical cores and 16 threads, along with 64 GB of system memory. Due to the high memory requirements of the amino acid–graphene models, the calculations on the workstation were performed using a single MPI process.

For the UHeM calculations, a single compute node of the UHeM Sariyer cluster equipped with two Intel Xeon E5-2680 v4 processors, a total of 28 physical cores, and 128 GB of system memory was used. These calculations were performed using 28 MPI processes and one OpenMP thread per MPI process.

3. Results and Discussion

A) Current Status of the Calculations

Some of the amino acid–graphene calculations performed on the UHeM infrastructure have converged, while others were stopped upon reaching the time limit or the specified maximum number of steps and will be continued from the point at which they were stopped. At this stage, seven amino acid–graphene systems have successfully converged: glycine, tyrosine, valine, glutamine, histidine, lysine, and leucine–graphene systems. The isoleucine, methionine, and arginine systems were stopped because they reached the seven-day runtime limit, whereas the phenylalanine, glutamic acid, asparagine, aspartic acid, and tryptophan systems stopped at the specified maximum number of optimization steps.

The total wall-clock time for the seven converged systems was determined to be 38 days, 16 hours, and 22 minutes, while the average computational time was approximately 5 days, 12 hours, and 37 minutes. The total wall-clock time consumed on UHeM for the first 15 amino acid–graphene calculations was 92 days and 3 hours. When the self-consistent field calculation performed for pristine graphene is also included, the total time reaches 92 days and 6 hours. Based on these values, a linear projection indicates that the initial computational runs for the 20 systems are expected to require a total wall-clock time of approximately 122 days and 20 hours. When the pristine graphene calculation is also included, this time reaches approximately 122 days and 23 hours. However, since the calculations that reached the time limit or the maximum number of steps need to be continued, the actual total computational time of the project is expected to exceed this value.

The current status of the first 15 amino acid–graphene calculations performed on UHeM is summarized in Table 1.

Table 1. Amino acid–graphene calculations performed on UHeM

Complex	Status	Wall-Clock Time
Glutamine	Converged	7 days 6 hours
Glycine	Converged	6 days 17 hours
Histidine	Converged	5 days
Leucine	Converged	4 days 4 hours
Lysine	Converged	5 days 4 hours
Tyrosine	Converged	6 days 11 hours
Valine	Converged	3 days 21 hours
Isoleucine	Time Limit	6 days 23 hours
Methionine	Time Limit	6 days 23 hours
Arginine	Time Limit	6 days 23 hours
Phenylalanine	Maximum Steps	6 days 18 hours
Glutamic acid	Maximum Steps	6 days 13 hours
Asparagine	Maximum Steps	6 days 21 hours

Aspartic acid	Maximum Steps	5 days 21 hours
Tryptophan	Maximum Steps	6 days 11 hours

B) Tryptophan–Graphene Platform Comparison

The geometry of the tryptophan–graphene system used for the performance comparison between the platforms after the 50th optimization step is shown in Figure 1.

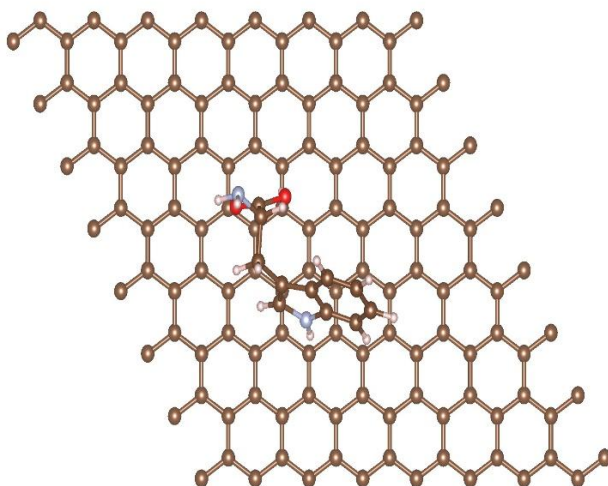


Figure 1. Top view of the tryptophan–graphene system used for the performance comparison between the platforms after the 50th optimization step

For the performance comparison between the platforms, the first 50 optimization steps of the same tryptophan–graphene system were considered, since both calculations terminated at the 50th step, which is the maximum number of optimization steps defined in Quantum ESPRESSO. This approach enabled a direct comparison of wall-clock time and energy values at an equivalent level of computational progress.

For the tryptophan–graphene system, the 50-step geometry optimization performed on the local workstation took 71 days, 6 hours, and 34 minutes, whereas the same number of optimization steps was completed in 6 days, 11 hours, and 25 minutes on the UHeM Sariyer node. Accordingly, an approximately 11-fold speedup and an approximately 91% reduction in wall-clock time were achieved on the UHeM infrastructure. The absolute time difference between the two platforms was 64 days, 19 hours, and 9 minutes.

The total energy values reached by both calculations at the end of the 50th optimization step were determined to be -2717.900 Ry. The absolute difference between the full-precision output values was approximately 1.17×10^{-5} Ry, corresponding to approximately 1.60×10^{-4} eV. This close agreement indicates that the calculations on both platforms reached the same energy level. However, since both calculations terminated at the maximum number of steps, these values were not considered as converged adsorption energies.

In terms of memory requirements, the maximum dynamic memory usage per process was approximately 58.97 GB in the workstation calculation, whereas the UHeM calculation required approximately 2.11 GB per process and approximately 59.06 GB in total. Due to the 64 GB memory limit of the workstation, the calculation was performed using a single MPI process, whereas the 128 GB system memory of the UHeM node allowed the calculation to be distributed across 28 MPI processes.

The platform specifications, computational times, memory usage, and total energy values for the tryptophan–graphene system are compared in Table II.

Table 2. Comparison of the tryptophan–graphene calculation between platforms

Parameter	Local Workstation	UHeM Sariyer
Processor	AMD Ryzen 7 5700U	2×Intel Xeon E5-2680 v4
Physical cores	8	28
System memory	64 GB	128 GB
MPI processes	1	28
Number of optimization steps	50	50
Wall-clock time	71 days 6 hours	6 days 11 hours
Energy at the 50th step	-2717.90018 Ry	-2717.90017 Ry
Maximum dynamic memory	58.97 GB/ process	2.11 GB/process
Estimated total memory	≈58.97 GB	≈59.06 GB

C) Memory Requirement and Project Feasibility

The approximately 59 GB total dynamic memory requirement of the amino acid–graphene systems brings the local workstation with 64 GB of memory close to its capacity limit. Therefore, the calculations on the workstation could be performed using only a single MPI process, and insufficient memory was observed at higher process counts. In contrast, the 128 GB system memory available on the UHeM Sariyer node allowed the same calculation to be distributed across 28 MPI processes.

The approximately 11-fold speedup obtained for the tryptophan–graphene reference system demonstrates that the UHeM infrastructure not only reduces computational time but also enables calculations that cannot be efficiently performed on local systems due to memory limitations. This result demonstrates that UHeM plays a decisive role in terms of both computational capacity and project continuity for large periodic DFT systems such as amino acid–graphene complexes.

The total wall-clock time of the seven converged amino acid–graphene systems on UHeM was 38 days and 16 hours. Assuming that the 11-fold speedup between the platforms measured for the tryptophan–graphene reference system also applies to these systems, the same computational workload is expected to take approximately 426 days on the local workstation. Accordingly, the use of UHeM is estimated to provide a time saving of approximately 387 days, in other words, approximately 1.06 years, for the seven converged systems.

The projection based on the total wall-clock time consumed for the first 15 amino acid–graphene systems indicates that the initial computational stage of the 20 systems would require more than 123 days of computational time on UHeM. Assuming that the 11-fold speedup between the platforms observed for the tryptophan–graphene reference system also applies to the other systems, performing the same computational workload solely on the local workstation is estimated to require at least 1352 days, in other words, at least 3.7 years. Considering that the calculations that were stopped upon reaching the time limit or the maximum number of steps need to be continued, the actual total computational time is expected to be considerably greater than these values. This projection demonstrates that the UHeM infrastructure reduces the projected computational time by 91%, in other words, by at least 3.4 years, bringing the computational process for the twenty amino acids to a feasible timescale.

4. Conclusion

In this study, the high-performance and feasibility advantages provided by the UHeM infrastructure were evaluated during the computational process for investigating the adsorption behavior of twenty proteinogenic amino acids on the graphene surface using a periodic DFT approach. While the memory limitation of the local workstation restricted the calculations to a single MPI process, the UHeM Sariyer node allowed the same calculations to be performed using 28 MPI processes.

The results obtained for the tryptophan–graphene reference system showed that the total energy values reached at the end of the 50th optimization step were the same on both platforms, indicating that the significant reduction in computational time did not compromise the numerical consistency of the calculated results. The computational time projections revealed that the use of UHeM brings the computational process for the twenty amino acids to a feasible timescale by providing a time saving of at least 3.4 years compared with performing the calculations solely on the local workstation.

In conclusion, UHeM provides the essential computational infrastructure required for the sustainable execution of amino acid–graphene DFT studies limited by high memory requirements and long optimization times.

Acknowledgements. The authors thank the National Center for High Performance Computing (UHeM) for the computational resources and doctoral scholarship support provided for this study. This work was supported under project number 4013532022.

5. References

Zou, X., Wei, S., Jasensky, J., Xiao, M., Wang, Q., Brooks III, C. L., & Chen, Z. Molecular interactions between graphene and biological molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 139(5), 1928–1936 (2017). DOI: 10.1021/jacs.6b11226.

Larijani, H. T., Ganji, M. D., & Jahanshahi, M. J. Trends of amino acid adsorption onto graphene and graphene oxide surfaces: A dispersion-corrected DFT study. *RSC Advances*, 5(113), 92843–92857 (2015). DOI: 10.1039/C5RA16683G.

Nelson, D. L., Cox, M. M., & Hoskins, A. A. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 8th ed. W. H. Freeman, New York, NY, USA (2021).

Giannozzi, P., et al. QUANTUM ESPRESSO: A modular and open-source software project for quantum simulations of materials. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 21(39), 395502 (2009). DOI: 10.1088/0953-8984/21/39/395502.

THE CONTENT SCOPE OF ASSESSING SCHOOLSTUDENTS' SOCIALADJUSTMENT: A CONCEPTUAL ANALYSIS

Ph.D. Cand. Ilyassova MİRANKUL^{*1}, Prof. Dr. Serhat ARSLAN², Doç. Dr. Tolkyn SLAMBEKOVA¹

¹ Eurasian National University

² Gazi University

* Corresponding Author: Ilyassova MİRANKUL
ilyassovamiramkul@gmail.com

1. Introduction

In recent years, interest in assessing schoolchildren's social adaptation has been growing. In educational and psychological research, the concept is used as one of the key indicators associated with school well-being, participation in learning and academic performance (Birch & Ladd, 1997; Hughes et al., 2015; Liu et al., 2025). Transitions such as school entry, the move to lower secondary school and changing schools require students to master new norms, relationships and demands of learning activity, and indicators of adaptation change considerably during these periods (Hughes et al., 2015; Nowland & Qualter, 2020).

From the standpoint of assessment theory, any assessment requires a model of the phenomenon being assessed. If the three core elements of assessment – a model of the phenomenon being assessed, observation and interpretation – are not designed as a coherent whole, the meaningfulness of the inferences is undermined (National Research Council, 2001). In evidence-centred design, work begins with domain analysis, that is, with specifying what claims are to be made and what observable behaviour is needed to support them (Mislevy et al., 2003). In guidelines for scale development, too, the first step is to specify the domain and provide a conceptual definition (Boateng et al., 2018). Validity theory makes the same demand. Validity concerns the interpretation and use of scores (Kane, 2013), and one condition for validity evidence is that the content of the construct be covered fully and appropriately (Messick, 1995). In the assessment of academic achievement this content is specified in advance by the curriculum, whereas in assessing social adaptation it has to be derived from the concept itself. This is precisely where the problem arises. In the literature, social adaptation is described at times as a process of entering the school environment, at times as a state that results from this process, and at times as a personal ability. Researchers also acknowledge that no operational definition of the concept has been established (Miao et al., 2018). Its boundaries are likewise drawn inconsistently: it is used at times as one dimension of school adjustment (Liu et al., 2022; Yu et al., 2024) and at times as a broader concept (Kurock et al., 2022), while closely related constructs are referred to by different terms (Hughes et al., 2015).

This uncertainty has concrete consequences for assessment practice. Nowland and Qualter (2020) define social adaptation during the transition to secondary school in terms of making new friends, building relationships with new teachers and understanding the norms of behaviour at school, yet their measurement relies on school belonging and loneliness among peers (pp. 228, 233–234). Neither relationships with teachers nor understanding of norms is measured. In other studies, the concept is measured with an eight-factor questionnaire (Cheng et al., 2018) or as a general, unitary indicator (Yu et al., 2024). A systematic review of assessment instruments showed that their content structure is inconsistent: interpersonal adaptation appears in 93.3% of the studies, adaptation to the school environment in only 26.7%, and resource-type indicators, although included in assessment, are not systematically positioned within the overall structure of adaptation (Ilyassova et al., 2026). Accordingly, this article analyses the concept of schoolchildren's social adaptation in order to delineate the content domain of its assessment. The article addresses three questions: (1) how is the concept of social adaptation related to school adjustment and to adjacent concepts; (2) what uses of the concept exist in the literature, and what are its defining attributes; (3) what implications do these attributes have for the content domain of assessment?

2. Method

2.1. Analytical approach

The study was conducted as a concept analysis. The analysis follows the eight-step procedure proposed by Walker and Avant: (1) selecting a concept; (2) determining the aims or purposes of the analysis; (3) identifying the uses of the concept within a defined context; (4) determining the defining attributes; (5) constructing a model case; (6) constructing cases other than the model case, namely borderline, contrary and related cases; (7) identifying antecedents and consequences; (8) defining empirical referents (Walker & Avant, 2019; Sewell & Holloway, 2026). The authors of the procedure note that its elements may be treated not as rigid steps but as a framework for judging

the completeness and sequence of the work (Walker & Avant, 2019). In this article, the procedure was adapted to the educational context. A similar adaptation has been undertaken in educational research (Sewell & Holloway, 2026).

2.2. Orientation of the analysis

The analysis was conducted with an ameliorative orientation. The concept was also examined from the standpoint of what content it ought to have for a particular theoretical and practical task (Gatley, 2023a, 2023b; Marley-Payne, 2021). Such an analysis aims not to replace the ordinary use of a concept but to refine theoretical terminology for a specific purpose (Pinder, 2022). The outcome of the analysis was examined against three conditions: whether the proposed content is beneficial (i) for learners themselves and (ii) for society, and (iii) whether it gives teachers practical guidance (Gatley, 2023b).

2.3. Sources and selection

The initial source base of the concept analysis consisted of the works included in a systematic review of studies published in 2015–2025 on assessing schoolchildren's social adaptation (Ilyassova et al., 2026). To clarify the definitions and theoretical boundaries of the concept, this corpus was purposively supplemented with foundational and more recent works on school adjustment, social competence, person–environment fit, transactional development and assessment theory. Empirical articles were used to show how the concept is applied and operationalised, and theoretical works and methodological books to substantiate conceptual distinctions. In the analysis, the definitions found in the sources were compared in terms of their logical status (process, ability/resource, state at a given time, outcome), their coverage of social relationships, and what exactly the indicators capture. The analytical principle for selecting attributes was that they should serve to distinguish the object of assessment from the conditions that influence it and from related outcomes.

3. Results

3.1. The conceptual boundaries of social adaptation

Because social adaptation is an object of study in various scientific fields, no single, generally accepted definition, set of criteria or indicators has been established for it (Terziev, 2019). In this article, the concept is taken to denote the domain of adaptation processes whose object is the social environment of the school, since academic and social demands operate side by side at school. The distinction between social adaptation and school adjustment has been specifically addressed in the literature. Kurock et al. compare two similar concepts that explain how adolescents interact with their social contexts: they describe social adjustment as “the ability to accommodate, associate, cooperate, compromise, and cope”, and social adaptation as behavioural tendencies with regard to interpersonal relationships, play and leisure, and coping. Because the definition of social adaptation is broader, they opt for that term (Kurock et al., 2022). School adjustment itself is used as a multidimensional process (Liu et al., 2025). At the same time, closely related constructs in this field are referred to by different terms. School liking, school identification, school connectedness and school belonging are sometimes interpreted as the student finding a place at school, that is, as a manifestation of social adaptation (Hughes et al., 2015). In this article, social adaptation is treated as a distinct construct, which amounts to adopting the term for a specific theoretical purpose (Pinder, 2022).

Definitions of the concept in the literature are inconsistent. Terziev (2019) notes the multiplicity of definitions of social adaptation. Researchers openly acknowledge that no clear, operational definition of it has been established (Miao et al., 2018). Terminological divergence is evident even within a single term. For example, social adjustment is used in one work as an ability required for social performance (Kurock et al., 2022), in another as the cumulative outcome of social performance (Cavell, 1990), in a third as the interplay between the individual and the social environment (Dong et al., 2021), and in a fourth as two indicators measured through peer acceptance and aggression (DeRosier & Lloyd, 2011). According to the classification proposed by Korel, adaptation is used in six different senses: a process of adjusting to a new environment, the result of this process, striving towards a particular goal, adaptability, a balance between the subject and the environment, and a process that enables the subject's development (Korel, as cited in Terziev, 2019). Terziev shows that this classification merges content and process in a single concept and that this gives rise to conceptual confusion. In studies set in the school and adolescent context, these uses coexist: the concept is taken at times as a process measured before and after the school transition (Nowland & Qualter, 2020), at times as a level at a given time, divided into positive and negative components (Crick & Dodge, 1994, as cited in Miao et al., 2018), and at times as an ability required for social performance (Kurock et al., 2022). The logical status of these uses is not the same, and the difference is grounded in the literature. Terziev (2019) shows that adaptation cannot be defined as a state: treating it as a state presupposes the existence of a non-adapted state, which contradicts the continuous and dynamic nature of the concept. Defining adaptation as a

property belongs to the general biological concept and does not reveal its social content. Developmental research draws a similar distinction: resilience is broadly defined as the capacity of a system to adapt successfully to disturbances that threaten its function, viability or development, and the concept is applied to various levels of living and non-living systems (Masten, 2014). The capacity for adaptation is therefore not equated with adaptation itself. Cavell's (1990) tri-component model likewise treats social skills, social performance and social adjustment, that is, the cumulative outcomes of social performance, as interrelated but distinguishable levels. In this model, assessment should focus on the student's current and typical social behaviour rather than on their potential or optimal level. In this article, therefore, the concept is taken in the sense of a process: the state of adaptedness is regarded as its manifestation at a particular moment, and skills and adaptability as resources that enable participation in the process.

The distinction between social adaptation as a process and as a state assessed at a particular time is clearly expressed in the life course/social field theory proposed by Kellam et al. (2011). According to this theory, the student in the school environment responds to the social task demands set by teachers and peers. The authors call this process of demand and response social adaptation, and its socially rated outcome social adaptational status. Adaptational status is thus determined not only by the student's individual characteristics; it also depends on the demands of the social environment, on the judgement of the rater and on the interaction between them. From this perspective, assessing social adaptation should not be limited to identifying the student's stable personal characteristics but should take into account the student's actions in concrete social situations and how these actions are perceived by the environment (Kellam et al., 2011).

Research on school adjustment is also important for clarifying the processual nature of social adaptation. Israelashvili (2025a) treats school adjustment not only as a state describing the student's situation at a given time but also as a process that unfolds during transitions between educational levels or between schools. School adjustment encompasses academic, interpersonal, motivational and personal outcomes. School adjustment and social adaptation cannot, however, be fully equated: the former covers broader aspects of the student's participation in school life, whereas the latter is examined in this study in terms of relationships and interactions in the school's social environment. Defining social adaptation as a dynamic process therefore does not imply that it can be fully assessed through a single measurement. Data obtained at one time point describe the manifestations of the adaptation process at that stage, whereas conclusions about the direction and dynamics of change require repeated measurements.

A sense of school belonging, academic achievement and school well-being may be associated with social adaptation, but there are no grounds for automatically treating each of them as its direct indicator: the relevance of a characteristic to the construct depends on how it is defined and on the inference to be drawn from the assessment. This difference calls for specifying three logical levels of assessment. The theoretical object is the process of social adaptation, which takes shape and changes over time. The observed object comprises the student's participatory actions in particular social situations, their appraisal of relationships and their subjective experience. The assessment conclusion is a limited interpretation of the manifestations recorded at that time and in that context. A single-occasion questionnaire does not by itself establish the direction of the process, its causal mechanism or its trajectory of change. Even with repeated measurement, the comparability of measures over time needs to be tested (Kane, 2013; Sameroff & MacKenzie, 2003).

3.2. Defining attributes of schoolchildren's social adaptation

Comparison of the uses found in the literature yielded three interrelated defining attributes. Table 1 shows how these attributes were derived from positions in the literature.

The first attribute is that social adaptation is realised in concrete social relationships rather than being explained by the student's individual qualities alone. In recent studies, the very definition of the concept refers directly to the student's social environment (Jin et al., 2026), and characteristics of the school environment are empirically associated with social adaptation. Among senior high school students, the motivational climate created by teachers predicted social adaptation (Guo et al., 2022); that study defines the concept as an ability, yet the association it found originates on the side of the environment. This position follows from the transactional perspective: developmental outcomes are not a function of the individual alone or of the experiential context alone, so analyses directed solely at individual characteristics are often misleading (Sameroff & MacKenzie, 2003). Data from the early school years show that different types of relationships contribute differently to adaptation: the teacher-child relationship (Birch & Ladd, 1997), as well as peer acceptance, friendship and victimisation, are treated as distinct relational systems, and their significance for adaptation varies depending on which outcome is examined (Ladd et al., 1997). These works are cited in support of the claim that relational systems are

distinguishable; no conclusion about age periods is drawn from them. This attribute makes it possible to distinguish social adaptation from the student's general social abilities. At the same time, the characteristics of the school environment and the student's direct experience in that environment are not the same indicator.

The second attribute is the active and reciprocal nature of the interaction. Social adjustment is defined as the interplay between the individual and their social environment (Dong et al., 2021), and such interplay has also been examined empirically: in a longitudinal study that followed adolescents across the transition from primary to lower secondary school, associations between the quality of relationships with parents, peers and teachers and school well-being were observed in both directions, with close relationships enhancing well-being and school satisfaction improving subsequent relationships (Kiuru et al., 2020). Theoretically, the core of the transactional model is to give equal weight to the bidirectional effects of the student and the environment (Sameroff & MacKenzie, 2003), while in person–environment fit theory behaviour and motivation depend on the fit between the characteristics individuals bring to their environment and the characteristics of that environment, and difficulties in adolescence may arise from a mismatch between needs and the opportunities the environment provides (Eccles et al., 1993). From this perspective, the criterion of adaptation is not complete conformity to external demands but action directed at coordinating them with the student's own needs and possibilities. Such action does not always succeed and does not necessarily mean that the student changes the environment.

The third attribute is the dynamic and context-dependent nature of the process. The dynamic character is built into the definition of the concept itself: social adaptation is described as individuals' dynamic adjustment to their social environment (Jin et al., 2026). Longitudinal data support this: the associations between relationship quality and school well-being varied depending on the phase of the transition in which they were observed (Kiuru et al., 2020). Person–environment fit is itself not a fixed quantity: favourable outcomes are expected when the student's developmental trajectory and the trajectory of change in the school environment are in step, that is, when the environment is able to respond to changing needs (Eccles et al., 1993). Identifying reciprocal processes requires longitudinal studies with enough time points (Sameroff & MacKenzie, 2003). A single assessment therefore captures a manifestation at a particular stage rather than change over time. The dynamic character is not a distinguishing attribute unique to social adaptation; in this analysis it matters as an interpretive requirement not to equate a single measurement with the whole process.

Table 1. From positions in the literature to defining attributes and boundary rules

Source	Key position	Conclusion drawn from the analysis
Birch & Ladd (1997); Ladd, Kochenderfer & Coleman (1997)	Teacher–child and peer relationships contribute differently to adaptation (early school years)	Attribute 1: adaptation is realised in concrete social relationships
Sameroff & MacKenzie (2003)	Bidirectional influence between person and context; focusing on individual characteristics alone is misleading	Attributes 1 and 2
Eccles et al. (1993)	Fit between needs and environmental opportunities; synchrony of two trajectories	Attributes 2 and 3
Dong et al. (2021)	Social adjustment – interplay between the individual and the social environment	Attribute 2
Jin et al. (2026)	Social adaptation – dynamic adjustment to the social environment	Attributes 1 and 3
Aelterman et al. (2019)	Compliance with classroom rules may rest on different motivational grounds	Refinement of attribute 2: external conformity is insufficient
Cavell (1990)	Requisite skills and the student's actual social performance are not the same and require separate operational definitions	Boundary rule: do not equate a resource with a manifestation

3.3. Antecedents, related phenomena and possible consequences

Clarifying the defining attributes of social adaptation requires distinguishing the resources that influence this process, the conditions under which it takes place and its possible outcomes. The literature distinguishes internal and external factors of adaptation (Yarushkin et al., 2020). Among the internal factors, social-emotional skills are associated with the quality of relationships at school and with the student's school experience. Among fifteen-year-old students, distinct skill profiles co-occurred in different combinations with relationships at school, school anxiety and educational aspirations (Huttunen et al., 2025). In empirical studies such characteristics act as mediators: interpersonal trust is associated with students' social adjustment at school via the teacher–student relationship (Dong et al., 2021), and emotional intelligence appears as a mediator in the association between motivational climate and social adaptation (Guo et al., 2022). Skills and abilities are thus regarded as resources that enable participation in the process. As shown above, possessing a given ability does not by itself demonstrate that it is enacted in a concrete school situation.

External factors include the social conditions of the school and the family. In educational research, the school context is considered, from a developmental systems perspective, at three levels: teachers, learning tasks and the classroom environment; the characteristics of the school as an organisation; and educational policy and practice (Eccles & Roeser, 2011). Empirically, the motivational climate created by teachers, which belongs to the first level, predicts students' social adaptation (Guo et al., 2022), and conditions outside school also play a role: the association between family climate and adolescents' social adaptation has been documented in a systematic review (Kurock et al., 2022). A condition and a direct manifestation must not, however, be equated: a teacher's readiness to provide support describes a pedagogical condition, whereas the student's sense of being supported in the relationship with the teacher describes the student's subjective experience of this interaction.

Academic achievement, school well-being and a sense of belonging may be possible consequences or correlates of social adaptation. In longitudinal data, relationship quality and school well-being predict academic achievement (Kiuru et al., 2020), and in a study of third-grade students, social adjustment indicators predicted academic outcomes even independently of prior academic performance (DeRosier & Lloyd, 2011). Achievement should therefore be treated not as a direct indicator of the adaptation process but as its possible consequence. In that study, social adjustment was operationalised through two indicators, peer acceptance and aggression, which is a further instance of the concept being measured in variously narrowed ways in the literature. The meaning of neither a resource nor an indicator is unambiguous: students with a profile combining high empathy and high stress reported high educational aspirations but also high school anxiety (Huttunen et al., 2025). Hence adaptive resources, contextual conditions, the state of adaptedness at a given time and possible outcomes, although related to the process of social adaptation, are not equated with it. Their status is determined not by the name of an indicator but by its actual operational content and by the inference to be drawn from the assessment. In this respect, a general sense of school belonging is distinguished from the concrete experience of acceptance or rejection in a particular peer group. The former may be a related construct describing a general bond with the school, whereas the latter may be considered a subjective manifestation of a concrete relationship.

3.4. Conceptual cases and working definition

In line with the approach of Walker and Avant (2019), analytical cases were constructed to explain the boundaries of the concept. They are examples intended to clarify the concept.

Model case. A seventh-grade student who has transferred to a new school initially struggles to establish relationships with peers. Later, the student takes part in joint activities, asks teachers for the information they need, comes to understand the school's norms and, when social demands do not match their own needs, seeks to clarify them. Over time, the student's ways of social participation change. In this case, the school context, action directed at active coordination and the dynamic character are manifested together.

Borderline case. A seventh-grade student takes part in a role-play exercise designed to simulate social situations. During the exercise, the student negotiates with other participants, uses various ways of responding to disagreement and modifies their behaviour based on the feedback received. These actions, however, take place within pre-arranged, simulated situations. They do not show how the student coordinates their ways of participation under the everyday social demands and established relationships of school. Thus, although the attributes of active interaction and behavioural change are present, the attribute of social adaptation within concrete school relationships is not fully revealed. This case is treated as a borderline example that contains some attributes of the concept but cannot serve as its full model.

Contrary case. A student has been formally admitted to a new school but has not yet entered the learning process and has not engaged in social interaction with the teachers, peers or other members of this school. The student's previous academic achievement, social skills and expectations of the new school may be known. These characteristics, however, do not represent experience of actual participation in the social demands and relationships of the new school. In the situation described, potential resources and antecedents of social adaptation are present, but the process of social adaptation in the context of this school has not yet begun. The example shows the need not to equate a low level of adaptation with the absence of the process.

Related case. A student adapts to a new curriculum and improves their academic results, but no data are given on their social interaction with peers or teachers. The case may describe academic adaptation but is insufficient for drawing direct conclusions about social adaptation.

On this basis, a working definition is proposed for the purposes of the study. The wording of the definition derives from the language of person–environment fit theory: difficulties in adolescence may arise from a mismatch between the needs of the developing student and the opportunities offered by the social environment, whereas favourable outcomes are associated with their alignment (Eccles et al., 1993). The idea of coordination also appears in contemporary definitions of social adaptation (Terziev, 2019). Linking this position to the task of delineating the object of assessment, schoolchildren's social adaptation is defined as a dynamic process, taking shape and changing in the course of social interaction, that is directed at coordinating the changing demands, relationships and opportunities for joint activity in the school's social environment with the student's own needs and possibilities. "Coordination" does not necessarily mean achieving a successful fit: it describes the student's action directed at forming and regulating their own ways of participation under given social demands and opportunities. The definition is offered as a working version intended to delineate the object of assessment.

3.5. The content domain of assessing social adaptation

Clarifying the defining attributes makes it possible to set the theoretical boundary of the object of assessment. This does not mean, however, that the content domain of assessment has been fully defined. For that, it is necessary to show through which social experiences at school these attributes may become manifest. In developing assessment instruments, defining the content domain of a construct is a distinct task that precedes the selection of indicators and the testing of the psychometric structure (Boateng et al., 2018).

In substantiating the content domain of social adaptation, it matters where assessment data come from and what they describe. Kellam et al. (2011) regard the school classroom as an environment in which social task demands are formed and describe teachers and peers as natural raters in this environment.

Israelashvili (2025b) attaches particular importance to students' subjective judgements in assessing school adjustment. The author's analysis considers indicators such as students' sense of school belonging, participation, satisfaction and emotional experience. It also shows that parents' and peers' views are relatively underrepresented in current assessment practice. This finding supports the importance of complementing behavioural observation with the student's subjective experience of social relationships when assessing social adaptation. However, since each type of data describes a separate facet of the object of assessment, their results cannot be equated with one another.

The need to distinguish the theoretical content of social adaptation from the structure of instruments designed to measure it is also evident in the study by Miao et al. (2018). The authors used the Adolescent Social Adaptation Assessment Scale developed by Zou et al. (2012), which comprises fifty items, two scales labelled positive and negative social adaptation, and eight subdimensions. Although such a structure represents one particular approach to the empirical assessment of social adaptation, it provides no grounds for treating its dimensions as universal theoretical components of the concept.

The transition to the content domain is carried out in two analytical stages. In the first stage, the three defining attributes are translated into theoretical requirements for assessment. The first attribute, that social adaptation is realised in concrete social relationships, requires specifying the social context at school of the behaviour being assessed. The second attribute, the active and reciprocal interaction of student and environment, justifies covering the student's actual participation, their understanding and appraisal of social situations, and their subjective experience in those relationships. The third attribute, the dynamic and context-dependent nature of the process, requires interpreting results with reference to time and situation. The three attributes thus set the conceptual guidelines for selecting content and for interpreting results.

In the second stage, an author-developed analytical structure for implementing these requirements is proposed. In line with the requirement to cover concrete social relationships, four contexts were selected: interaction with peers, interaction with teachers, participation in school norms and social practices, and participation in joint

learning activity. The first two contexts cover relationship partners, the third covers the school's normative and social practices, and the fourth covers participation in socially organised learning activity. Joint learning activity is considered here in terms of social participation rather than academic achievement. These contexts are not fully isolated, mutually independent or same-level categories: joint learning activity may also involve interaction with peers and teachers. They are therefore proposed as potentially overlapping analytical contexts for organising assessment content.

In line with the requirement to cover the interaction between student and environment, three forms of manifestation were distinguished in each context: behavioural, cognitive-evaluative and subjective-emotional. They describe, respectively, the student's actual actions, their understanding and appraisal of social situations, and their subjective experience of relationships. This distinction is consistent with the position of Kellam et al. (2011) on rating within the social environment, discussed above, and with the subjective-experience data analysed by Israelashvili (2025b). Although the triad is structurally similar to the behavioural, emotional and cognitive dimensions of school engagement described by Fredricks et al. (2004), it is not equivalent to them in content. The relationship between the four contexts and the three forms of manifestation is presented in Table 2. This 4×3 matrix is theoretically grounded, but this particular number of contexts and forms, and their boundaries, are not the only solution that necessarily follows from the three attributes. The content coverage of the matrix, the validity of its indicators and its possible dimensional structure require expert and empirical evaluation.

Table 2. Proposed content domain for assessing schoolchildren's social adaptation

Interaction context	Behavioural manifestations	Cognitive-evaluative manifestations	Subjective-emotional manifestations
Interaction with peers	Participating in joint activities; establishing relationships; responding to social difficulties	Appraising peer relationships and one's own place among peers in specific situations one has taken part in	Experience of acceptance, rejection, belonging
Interaction with teachers	Engaging in dialogue; clarifying social demands; asking for help	Appraising the teacher's demands and the opportunities for interaction in a specific learning situation	Experience of trust, safety or tension
Participation in school norms and social practices	Acting in relation to norms; taking part in the community's shared practices	Appraising the meaning and fairness of this school's norms and one's own opportunities to participate	Experience of inclusion in, or exclusion from, the community
Participation in joint learning activity	Taking on a role in a group task; contributing to a shared outcome; asking for and giving help during learning	Appraising one's own role, the distribution of contributions and the requirements of cooperation in a specific task	Experience of comfort, discomfort or being left out in joint activity

The content of the proposed rows is reflected in a similar way in an independent source, where school adjustment is defined through dealing with learning tasks, managing relationships with peers and teachers, participating in group activities and regulating emotions (Yao et al., 2025). The proposed content domain requires distinguishing the student's actual social experience from adaptive resources and contextual conditions. Possessing a social ability is a resource, whereas its enactment in a particular school situation is a potential direct manifestation. A teacher's readiness to provide support is a contextual condition, whereas the student's subjective experience in this relationship falls within the content of assessment. This distinction follows from the second defining attribute: the object of assessment is the interaction itself, so how the student experiences the relationship is regarded as one facet of this interaction, whereas the teacher's self-reported readiness describes a condition that lies outside the interaction.

A single-occasion assessment can describe the features of social interaction at that stage but does not by itself demonstrate change in the process over time; studying such change requires repeated measurements and their

comparability. The proposed content domain therefore serves as a theoretical reference point for analysing content alignment and for subsequent validation.

4. Discussion

That social adaptation is grounded in the interaction between the individual and the environment, and that it is dynamic, are both long-established positions in the literature. The contribution of this study lies in linking them to the task of delimiting the object of assessment. The defining attributes were distinguished from adaptive resources, contextual conditions, the state of adaptedness and related outcomes, and this distinction was translated into requirements for assessment content. The main theoretical result is the delineation, on the basis of these attributes, of the limits of assessment evidence. The process cannot be measured directly and in full, and data on actual behaviour and experience permit only grounded, context-bound inferences.

From the standpoint of assessment theory, the result shows that defining the content domain is a distinct task to be resolved before testing the empirical structure of an assessment instrument. The proposed domain guards against combining social skills, a sense of school belonging, teacher support and academic achievement as equally ranked indicators of a single construct, although its content coverage and representativeness require expert and empirical evaluation. Pedagogically, the domain makes it possible to link assessment information to the planning of support: an overall score may mask differences across specific relational contexts (a student may participate actively in joint activities with peers while experiencing difficulties in interaction with teachers), and explaining difficulties solely by the student's skills or motivation is insufficient, since classroom relationships, the organisation of norms and opportunities to participate in joint activity must also be taken into account. The pedagogical contribution of the article is therefore limited to offering a conceptual guide for interpreting results.

The ameliorative orientation of the analysis is examined against three conditions. First, the proposed content is beneficial for learners themselves. Because adaptation is not equated with conformity to external demands, assessment results do not become a tool for sorting students by their degree of submission to norms. Second, at the societal level, such an interpretation guards against attributing the causes of difficulties to the student's individual shortcomings and provides a basis for analysing the conditions of the school environment. Third, it offers teachers practical guidance. The content domain makes it possible to distinguish in which relational context and in what form a difficulty has become manifest, which is consistent with the developmental function of formative assessment (Dixson & Worrell, 2016). The three conditions serve as criteria for checking whether the result fits its stated purpose (Gatley, 2023b).

The results need to be considered within the evidential limits of the analysis. The analysis is not a new, stand-alone systematic review, so no claim is made that the attributes cover all scholarly traditions. The three attributes are a theoretical synthesis rather than an empirically established structure, and the conceptual cases are illustrative. The working definition is oriented to the social environment of the school; applying it to other age periods and sociocultural contexts requires further justification. The proposed domain was examined through the publications that describe them.

5. Conclusion

The concept analysis made it possible to characterise social adaptation as a dynamic process that takes shape in the course of interaction with the social environment of the school, and to distinguish it from resources, contextual conditions, manifestations at a given time and possible outcomes. Three theoretical guidelines, namely concrete relationships, reciprocal influence, and dependence on time and context, were translated into content and interpretive requirements for assessment. To implement these requirements, an author-developed content matrix, not yet empirically validated, was proposed that combines four potentially overlapping social contexts with three forms of manifestation. Its purpose is not to put forward a new factor structure but to provide a theoretical basis for selecting indicators and for subsequent content validation. The proposed classification should be tested in expert, psychometric and, where necessary, longitudinal studies.

References

- Aelterman, N., Vansteenkiste, M., & Haerens, L. (2019). Correlates of students' internalization and defiance of classroom rules: A self-determination theory perspective. *British Journal of Educational Psychology*, 89(1), 22–40.
- Birch, S. H., & Ladd, G. W. (1997). The teacher–child relationship and children's early school adjustment. *Journal of School Psychology*, 35(1), 61–79.

- Boateng, G. O., Neilands, T. B., Frongillo, E. A., Melgar-Quinonez, H. R., & Young, S. L. (2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: A primer. *Frontiers in Public Health*, 6, Article 149.
- Cavell, T. A. (1990). Social adjustment, social performance, and social skills: A tri-component model of social competence. *Journal of Clinical Child Psychology*, 19(2), 111–122.
- Cheng, G., Manyun, Y., Hualing, M., & Tao, Ch. (2018). Preliminary revision and reliability and validity test of the Social Adaptation Questionnaire for Children and Adolescents. *Journal of Southwest University (Social Sciences Edition)*.
- DeRosier, M. E., & Lloyd, S. W. (2011). The impact of children's social adjustment on academic outcomes. *Reading & Writing Quarterly*, 27(1), 25–47.
- Dixson, D. D., & Worrell, F. C. (2016). Formative and summative assessment in the classroom. *Theory IntoPractice*, 55(2), 153–159.
- Dong, Y., Wang, H., Luan, F., Li, Z., & Chen, L. (2021). How children feel matters: Teacher–student relationship as an indirect role between interpersonal trust and social adjustment. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 581235.
- Eccles, J. S., & Roeser, R. W. (2011). Schools as developmental contexts during adolescence. *Journal of Research on Adolescence*, 21(1), 225–241.
- Eccles, J. S., Midgley, C., Wigfield, A., Buchanan, C. M., Reuman, D., Flanagan, C., & Mac Iver, D. (1993). Development during adolescence: The impact of stage–environment fit on young adolescents' experiences in schools and in families. *American Psychologist*, 48(2), 90–101.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109.
- Gatley, J. (2023a). Why concepts matter, what conceptual analysis is for, and the case of knowledge in education. *British Journal of Educational Studies*, 71(5), 549–565.
- Gatley, J. (2023b). Ameliorating educational concepts and the value of analytic philosophy of education. *Educational Philosophy and Theory*, 55(4), 508–518.
- Guo, K., Ma, Q., Yao, S., Liu, C., Hui, Z., Jiang, Z., Chen, H., & Wen, P. (2022). The relationship between empowering motivational climate in physical education and social adaptation of senior high school students: An analysis of chain mediating effect. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 854279.
- Hughes, J. N., Im, M. H., & Allee, P. J. (2015). Effect of school belonging trajectories in grades 6–8 on achievement: Gender and ethnic differences. *Journal of School Psychology*, 53(6), 493–507.
- Huttunen, I., Upadyaya, K., & Salmela-Aro, K. (2025). Adolescents' social-emotional skills profiles, relationships at school, school anxiety, and educational aspirations. *European Journal of Psychology of Education*, 40(2), Article 57.
- Ilyassova, M. Zh., Slambekova, T. S., & Zhumykbaeva, A. K. (2026). Assessing schoolchildren's social adaptation: A systematic review and qualitative synthesis. *Örleu. Continuing Education Bulletin*, 2(53), 144–153.
- Israelashvili, M. (2025a). Definition of school adjustment. In *School adjustment: Why some students fade and others flourish* (pp. 59–87). Cambridge University Press.
- Israelashvili, M. (2025b). How should school adjustment be measured? In *School adjustment: Why some students fade and others flourish* (pp. 281–318). Cambridge University Press.
- Jin, Z., Wang, J., Xiang, G., Wang, P., Zhang, R., Li, H., & Gan, X. (2026). How does school bullying influence adolescent social adaptation? A serial mediation model of school connectedness and self-disclosure. *Frontiers in Pediatrics*, 14, Article 1747055.
- Kane, M. T. (2013). Validating the interpretations and uses of test scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1), 1–73.
- Kellam, S. G., Mackenzie, A. C. L., Brown, C. H., Poduska, J. M., Wang, W., Petras, H., & Wilcox, H. C. (2011). The good behavior game and the future of prevention and treatment. *Addiction Science & Clinical Practice*, 6(1), 73–84.
- Kiuru, N., Wang, M.-T., Salmela-Aro, K., Kannas, L., Ahonen, T., & Hirvonen, R. (2020). Associations between adolescents' interpersonal relationships, school well-being, and academic achievement during educational transitions. *Journal of Youth and Adolescence*, 49(5), 1057–1072.
- Kurock, R., Gruchel, N., Bonanati, S., & Buhl, H. M. (2022). Family climate and social adaptation of adolescents in community samples: A systematic review. *Adolescent Research Review*, 7(4), 551–563.

- Ladd, G. W., Kochenderfer, B. J., & Coleman, C. C. (1997). Classroom peer acceptance, friendship, and victimization: Distinct relational systems that contribute uniquely to children's school adjustment. *Child Development*, 68(6), 1181–1197.
- Liu, C., Sun, Z., Gao, Y., Chen, H., Lu, T., & Yan, J. (2025). The relationship between perceived social support and school adjustment in adolescents: The mediating role of school belongingness and the moderating role of physical activity. *Psychology in the Schools*, 62(6), 1926–1936.
- Liu, L., Guo, C., Shi, M., Wang, J., Li, Q., Miao, H., & Zeng, J. (2022). The development and application of the Social Adaptability Scale for Children and Adolescents. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 44(8), 2–12.
- Marley-Payne, J. (2021). An ameliorative analysis of the concept of education [Author manuscript].
- Masten, A. S. (2014). Global perspectives on resilience in children and youth. *Child Development*, 85(1), 6–20.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment. *American Psychologist*, 50(9), 741–749.
- Miao, H., Li, Z., Yang, Y., & Guo, C. (2018). Social comparison orientation and social adaptation among young Chinese adolescents: The mediating role of academic self-concept. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 1067.
- Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., & Almond, R. G. (2003). On the structure of educational assessments. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 1(1), 3–62.
- National Research Council. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment* (J. W. Pellegrino, N. Chudowsky, & R. Glaser, Eds.). National Academy Press.
- Nowland, R., & Qualter, P. (2020). Influence of social anxiety and emotional self-efficacy on pre-transition concerns, social threat sensitivity, and social adaptation to secondary school. *British Journal of Educational Psychology*, 90(1), 227–244.
- Pinder, M. (2022). Is Haslanger's ameliorative project a successful conceptual engineering project? *Synthese*, 200(4), Article 334.
- Sameroff, A. J., & MacKenzie, M. J. (2003). Research strategies for capturing transactional models of development: The limits of the possible. *Development and Psychopathology*, 15(3), 613–640.
- Sewell, A., & Holloway, A. (2026). Neurodiversity and strengths-based approaches in education: A Walker and Avant concept analysis. *British Journal of Special Education*. Advance online publication.
- Terziev, V. (2019). Conceptual framework of social adaptation. In *Proceedings of INTCESS 2019 – 6th International Conference on Education and Social Sciences* (pp. 491–500). Dubai, 4–6 February 2019.
- Walker, L. O., & Avant, K. C. (2019). *Strategies for theory construction in nursing* (6th ed.). Pearson.
- Yao, Y., Liao, B., Cheng, Y., Deng, X., Sun, M., Song, J., Li, M., Wu, J., & Zhang, W. (2025). School adjustment and mental health among adolescents: A network analysis. *BMC Pediatrics*, 25(1), Article 892.
- Yarushkin, N. N., Satonina, N. N., & Khabibov, S. M. (2020). Pedagogical aspect of adolescent social adaptation. *Vestnik of Samara University. History, Pedagogics, Philology*, 26(3), 51–55.
- Yu, L., Wu, X., Zhang, Q., & Sun, B. (2024). Social support and social adjustment among Chinese secondary school students: The mediating roles of subjective well-being and psychological resilience. *Psychology Research and Behavior Management*, 17, 3455–3471.

BİR BAĞLAMIN TASARIMI, ÜRETİMİ VE DENEYSEL AKUSTİK KARAKTERİZASYONU: FREKANS SPEKTRUMU VE ZARF ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Filiz GÜRER YÜCEL*¹

¹ Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi

* Corresponding Author: Filiz GÜRER YÜCEL
filizyucel@mgu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bağlama, Türk halk müziğinin temel çalgılarından biridir. Mızrapla/parmakla çalınan telli çalgılar grubuna girmektedir. Tekne, ses tahtası ve sap olmak üzere üç temel bileşenden oluşur. Bunlara ek olarak, burgular, perdeler, teller, alt eşik, orta eşik (köprü), üst eşik ve ses deliği gibi alt bileşenleri de vardır.

Tellerde meydana gelen titreşimler köprü aracılığıyla ses tahtasına oradan da tekneye ve tekne içindeki havaya iletilir. Bağlama gibi telli çalgılarda ses kalitesini etkileyen en önemli kısım ses tahtasıdır. Ses tahtasının akustik özelliklerinin önceden tespit edilmesi, üretilecek çalgının tınısına dair önemli ipuçları elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca ses tahtası ile tekne arasındaki bağlantının şekli ve montaj kalitesi de çalgının akustik performansını etkileyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Montaj aşamasında ses tahtası ile tekne arasında boşluk bulunması, bağlantının yeterince rijit ve homojen olmaması, titreşim enerjisinin ses tahtasından tekneye etkin biçimde aktarılmasını engelleyebilir. Bu durum, bağlamanın rezonans davranışını etkileyerek akustik enerji kaybına, frekans sönümlenmelerine ve ses şiddetinde düşüşe neden olabilmektedir.

Türkiye’de bağlama yapımcılığı, ağırlıklı olarak usta-çırak ilişkisi şeklinde nesilden nesile aktarılan ve göz kararı ölçülerle gözlem ve deneyime dayanan bir üretim pratiği olarak gelişim göstermektedir. Her yapımcının kendine has yapım teknikleri ve hedeflediği ses karakterleri vardır. Yapım aşamasında genellikle geleneksel ölçüler kullanılsa da yapımcıdan yapımcıya farklılıklar görülebilmektedir.

1.1. Araştırmanın Amacı

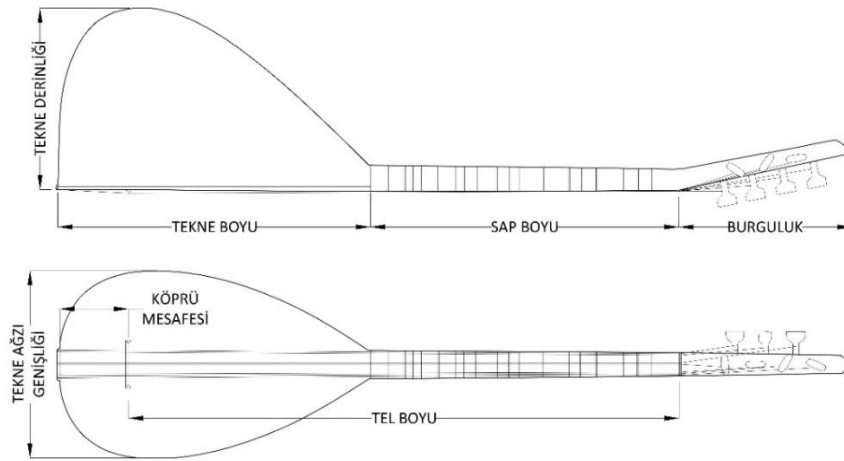
Bu çalışmanın amacı, belirlenen ölçütler doğrultusunda üretilen bir bağlamanın yapım sürecini belgelemek ve bu bağlamadan alınan ses kayıtları üzerinden gerçekleştirilen deneysel akustik analizlerle bağlamanın frekans spektrumu ve zarf davranışları gibi temel akustik özelliklerini tespit etmektir.

2. BAĞLAMIN TASARIMI

2.1. İki Boyutlu Teknik Çizim

Bağlamanın teknik detaylarının yer aldığı iki boyutlu çizim, Şekil 1’de verilmiştir. Burada isimlendirilen bölgelere ait ölçüler ve ilgili diğer bilgiler, bir sonraki bölümde daha ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Şekil 1. Bağlamanın İki Boyutlu Teknik Çizimi



2.2. Bağlama Bileşenlerinin Ölçüleri

Üretilen bağlamanın bileşenlerine ait geometrik ölçüler, Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Bağlama Bileşenlerinin Geometrik Ölçüleri

Bağlamanın bileşenleri	Ölçüleri
Tekne boyu	41.4 cm
Tekne ağzı genişliği (en geniş yer)	24.2 cm
Tekne derinliği	25.5 cm
Teknenin et kalınlığı	4 mm
Sap boyu	39.54 cm
Sap kalınlığı	2.8 – 3.2 cm
Ses tahtası kalınlığı	3.5-3.8 mm
Burguluk boyu	22.3 cm
Ses deliği çapı	4.4 cm
Tel boyu (üst ve orta eşik arası)	71.24 cm
Köprü mesafesi	9.7 cm
Bağlamanın toplam uzunluğu	104 cm

2.3. Malzemeler ve Özellikleri

Bağlama yapımında kullanılan malzemelerin seçiminde akustik performans, esneklik, dayanıklılık, rezonans ve titreşim iletim özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Örneğin; ses tahtasında düşük yoğunluklu ve elastik ağaçlar, tekne orta yoğunlukta ve mekanik dayanımı yüksek ağaçlar, sapta ise yüksek sertlik ve dayanıklılık gösteren ağaçlar tercih edilmektedir. Bu çalışmada üretilen bağlamanın tasarımında, akustik verimlilik öncelikli hedef olarak belirlenmiş olmakla birlikte, estetik ve ergonomik unsurlar da göz önünde bulundurulmuştur. Bağlama bileşenlerinin yapıldığı malzemeler ve bu malzemelerin özelliklerine ilişkin bilgiler, Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Bağlama Bileşenlerinin Malzemeleri ve Özellikleri

Bağlamanın Bileşenleri	Malzemeler	Malzeme Özellikleri
Tekne (yaprak tekne)	Maun	Orta yoğunlukta, iyi mekanik dayanım, dengeli ve tok rezonans karakteri
Ses tahtası	Ladin	Düşük yoğunluklu, elastik, yüksek rezonans kabiliyeti, etkili titreşim iletimi
Sap	Kırmızı gürgen	Yüksek sertlik ve eğilme direnci
Burgular	Gül	Yüksek sürtünme direnci
Perdeler	Misina	Esnek yapı

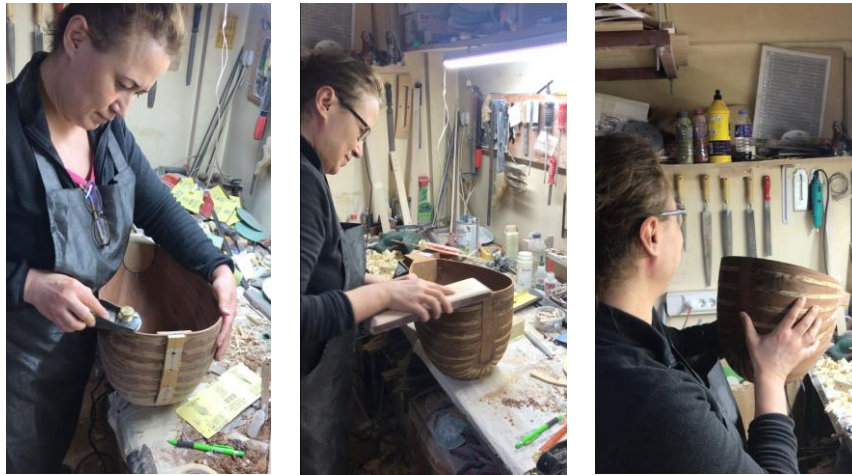
Teller		Çelik ve sırma	Yüksek çekme dayanımı, parlak tını, uzun tınlama
Eşikler	Alt	Gürgen	Yüksek basınç dayanımı, titreşimi etkin iletme
	Orta (köprü)	Kelebek	Sert yapı, titreşim iletimi yüksek
	Üst	Şimşir	Çok yüksek sertlik, tel aşınmalarına dayanıklı

3. BAĞLAMANNIN ÜRETİMİ

3.1. Teknenin ve Tekne Ağzının Hazırlanması

Üretimi yapılacak olan bağlama için temin edilen tekne, “U” profiline ve yaprak tekne formuna sahiptir. Üretim öncesinde simetri ve yapısal bütünlük açısından incelenen teknenin yüzeyindeki pürüzler azaltılarak kalınlık farkları giderildi. Teknenin ağız kısmı düzgün ve simetrik bir biçimde alındıktan sonra ses tahtasıyla birleştirilmeye hazır hale getirildi. Bkz. Şekil 2.

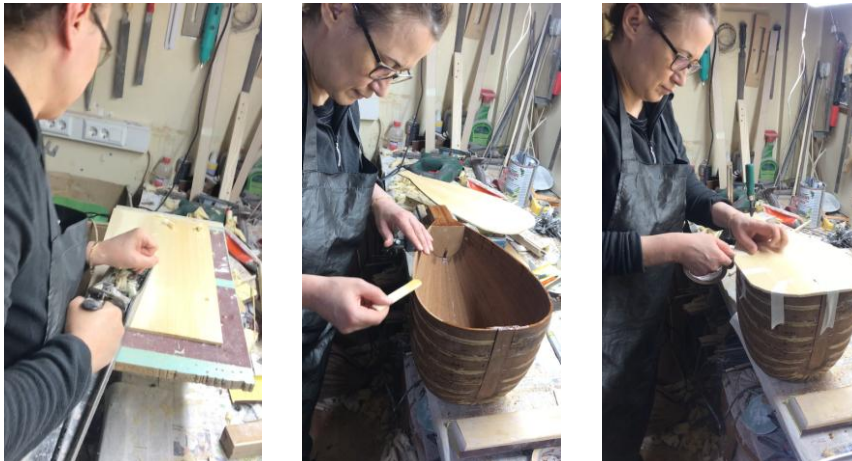
Şekil 2. Teknenin ve Tekne Ağzının Hazırlanması



3.2. Ses Tahtasının Hazırlanması ve Tekneye Yapıştırılması

Dikdörtgen formdaki ses tahtasının kalınlığı, hedeflenen rezonans karakterine uygun olarak yaklaşık 4.5mm'ye getirildi. Titreşim davranışını iyileştirmek amacıyla yüzey genelinde kalınlık eşitlendi ve homojenlik sağlandı. Ses tahtasında bombenin verileceği taraf belirlendikten sonra tahtanın damar yapısına göre yön tayini yapıldı. Ses tahtası, tekne ağzına uygun formda kesildi ve yapıştırıldı. Bkz. Şekil 3.

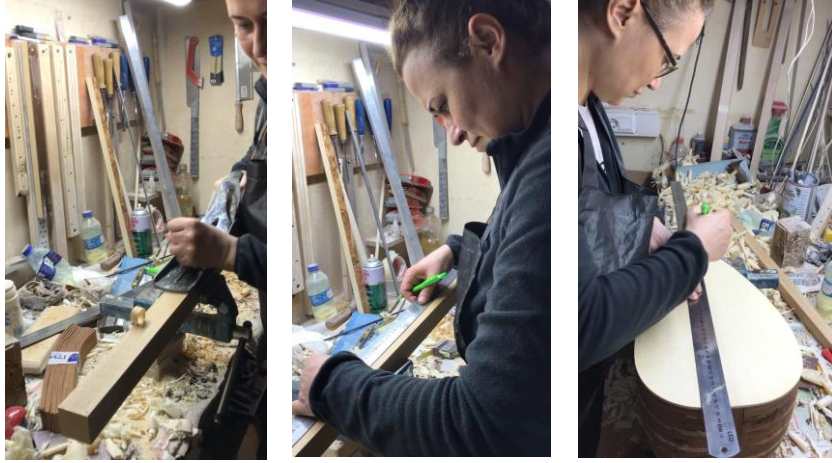
Şekil 3. Ses Tahtasının Hazırlanması ve Tekneye Yapıştırılması



3.3. Sapın Hazırlanması

Sap yüzeyinde kabaca bir düzgünlük sağlandıktan sonra sap ölçüleri işaretlendi ve bu işaretler bir cetvel yardımıyla birleştirildi. Sapın tekneye birleşecek olan ucuna ve sap kesitinin merkezine, matkap yardımıyla silindirik bir oyuk açıldı. Bkz. Şekil 4.

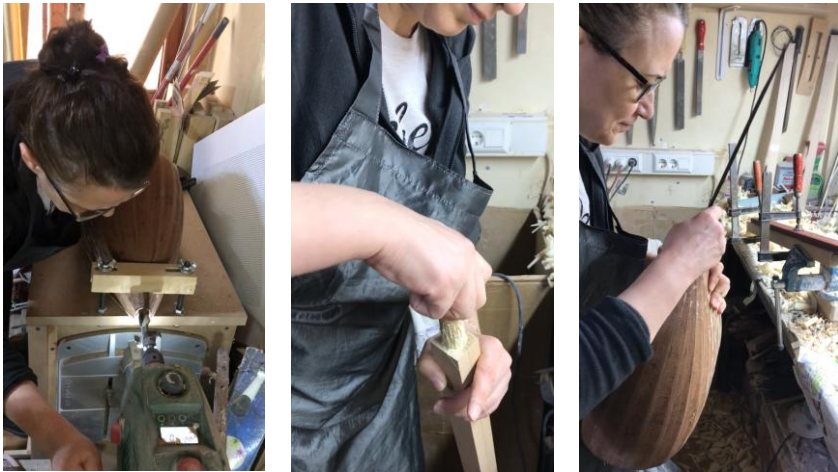
Şekil 4. Sapın Hazırlanması



3.4. Sapın Tekneye Montajı

Sapın tekneye montajı, kavela yöntemiyle yapıldı. Bu yöntem, hem sapın hem de teknenin takoz kısmının aynı matkap ucu ile oyulması ve ardından bu oyuklara uygun çap ve uzunluktaki silindirik ahşap bir çubuğun yerleştirilmesi esasına dayanır. Kavela yönteminin uygulanabilmesi için teknenin takoz kısmındaki fazlalık kesildikten sonra bu uca matkap yardımıyla silindirik bir oyuk açıldı. Sapa açılan oyukta ahşap tutkalı sürüldükten sonra silindirik ahşap çubuğun bir ucu buraya yerleştirildi. Diğer ucu ise teknedeki oyukta yerleştirildi. Sabitleyici metal bir çubuk altında yapılan montaj işlemi sonrasında, sistem kurumaya bırakıldı. Bkz. Şekil 5.

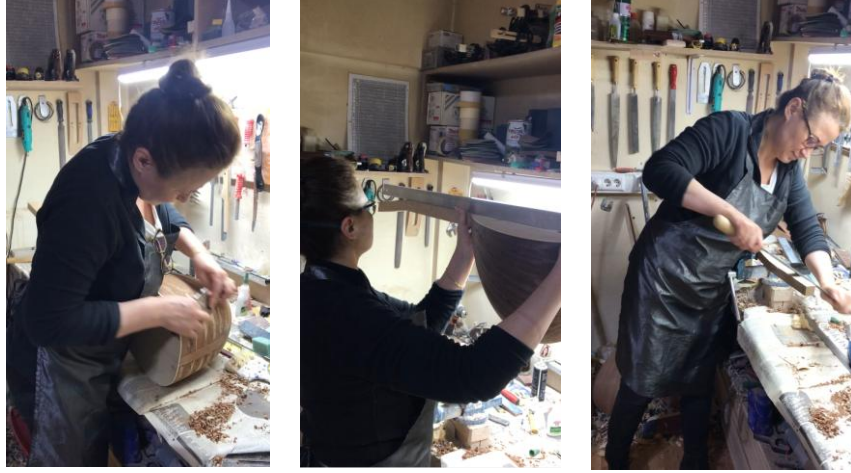
Şekil 5. Sapın Tekneye Montajı



3.5. Yüzey Düzeltme ve Yapısal Ölçülendirme İşlemleri

Teknenin dış kısmına daha detaylı bir yüzey düzeltme işlemi uygulandı. Bu işlem sonunda, tekne yüzeyinin daha düzgün ve pürüzsüz olması sağlandı. Tekne boyu referans alınarak sap boyu, tel boyu ve köprünün yeri hesaplandı. Burguluk mesafesi işaretlendikten sonra sapın kırması yapıldı ve sap tesviye edilerek eşik payı verildi. Bkz. Şekil 6.

Şekil 6. Yüzey Düzeltme ve Yapısal Ölçülendirme İşlemleri



3.6. Cila ve Son İşlemler

Tekne üzerinde arkalığın olduğu tarafa 44mm çapında bir ses deliği açıldı. Bağlamanın dış yüzeyini hem çevresel faktörlerden korumak hem de estetik açıdan görünümünü iyileştirmek amacıyla yüzeye polyester cila atıldı. Cila kuruduktan sonra, farklı numaralı zımparalar kullanılarak yüzeyde oluşan pürüzler giderildi. Bağlamanın yüzeyi, keçeyle tutularak parlatıldıktan sonra tüm yüzeye ahşap cilası sürülerek koruma ve parlatma amacıyla yapılan yüzey işlemleri tamamlandı. Bkz. Şekil 7.

Şekil 7. Cila ve Son İşlemler



Son aşamada; sap üzerinde burguların yerleştirileceği noktalar işaretlenerek delindi ve burgular kalemtraşla açıldı. Üst eşiğin yeri, ince uçlu bir testere ile açıldı ve montajı yapıldı. Perdeler bağlanıp teller takıldıktan sonra köprünün yeri ve yüksekliği ayarlandı. Son olarak akordu yapılan bağlamanın üretim aşaması tamamlandı.

4. YÖNTEM

Üretilen bağlamanın ses kayıtları, Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi'nin ses kayıt stüdyosunda alınmıştır. Kayıtlarda, Neumann U87 geniş diyafram kondenser mikrofon kullanılmıştır. Çalış pozisyonunda, mikrofon bağlamanın hemen ön tarafına konumlandırılmış ve aradaki mesafe 30cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Üretilen bağlamaya, bağlama düzeni do karar akordu çekilmiştir. Teller mızrap aracılığıyla yukarıdan aşağıya doğru bir kerede uyurulmuş ve karar sesine ait ses kayıtları alınmıştır.

Bağlamanın karar sesi kaydedildikten sonra, FFT (Fast Fourier Transform) analizi uygulanarak sesin spektrum yapısı çözümlenmiştir. Sonrasında dalga formu analiz edilerek zarf yapısı incelenmiş ve sinyalin ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release) evreleri değerlendirilmiştir. Bu verilerin yanı sıra, sinyale ait RMS (Root Mean Square) değeri hesaplanmıştır. Bu analizlerden elde edilen veriler sayesinde, üretimi yapılan bağlamaya ait temel frekans, harmonikler, zarf yapısı ve RMS değeri gibi temel akustik özellikler tespit edilmiştir.

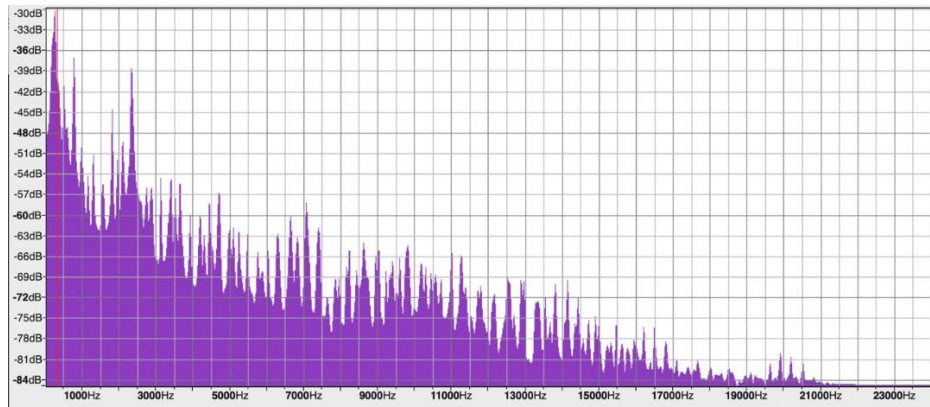
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde; üretimi yapılan bağlamadan alınan karar sesi üzerinden frekans spektrumu, zarf yapısı ve RMS değerlerine ait veriler sunulmuştur.

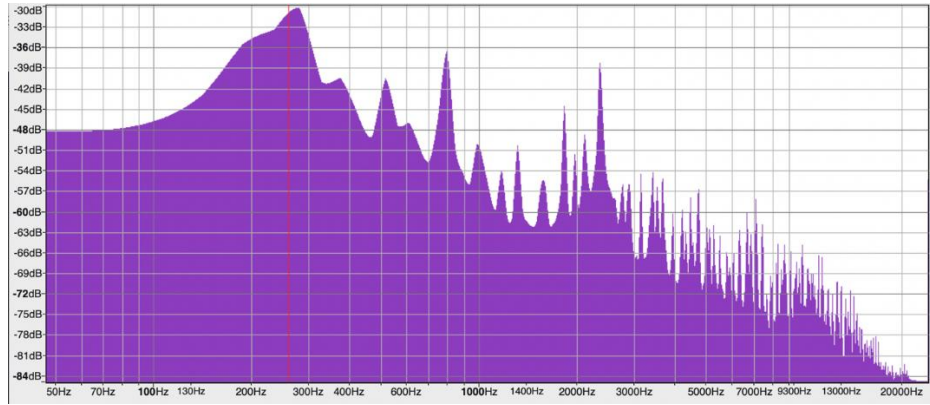
5.1. Frekans Spektrumu İçin Elde Edilen Akustik Bulgular

Karar sesi için elde edilen lineer ve logaritmik spektrum görüntüleri, Şekil 8’de ve Şekil 9’da sunulmuştur.

Şekil 8. Karar Sesi İçin Elde Edilen Lineer Spektrum Görüntüsü



Şekil 9. Karar Sesi İçin Elde Edilen Logaritmik Spektrum Görüntüsü



Şekil 8’de ve Şekil 9’da yer alan spektrum görüntüleri incelendiğinde, düşük frekans bölgesindeki (50Hz-300Hz) genlik değerlerinin yaklaşık olarak 100Hz’ten itibaren yükselmeye başladığı görülmektedir. 250Hz ile 300Hz arasında ise spektrum eğrisinin ve dolayısıyla aktarılan akustik enerjinin özellikle bu bölgede maksimum değere ulaştığı belirlenmiştir. Bu durum, bağlamanın karar sesinde bu frekansların baskın olmasına neden olmaktadır.

300Hz ile 3000Hz arasına denk gelen orta frekans bölgesinde, genlik değerleri azalma eğilimi göstermesine rağmen belli frekanslarda tepe noktalarının oluştuğu görülmüştür. Özellikle 800Hz ve 2400Hz civarında meydana gelen tepe noktalarının yüksek genlikli olmaları ve geniş bir alanı kaplamaları dikkat çekicidir. Yüksek genlik değerleriyle diğerlerinden daha önde olan bu frekans bileşenlerinin, bağlamanın karar sesinin algılanan ses şiddetine daha fazla katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Ortaya çıkan bu gibi farklılıklar, bağlamanın tınısının şekillenmesine katkıda bulunarak bağlamanın sesinin diğer ses kaynaklarından ayırt edilmesini sağlamaktadır.

Yüksek frekans bölgesi olarak tanımlanan ve 3000Hz ve üzerini işaret eden spektrum bölgesine bakıldığında, daha dar aralıklara yerleşmiş ve genlik değerlerinin giderek azaldığı çok sayıda tepe noktasının oluştuğu görülmektedir. Yaklaşık 15000Hz’ten itibaren genlik düşüşlerinin daha belirginleştiği saptanmıştır.

Şekil 8’de ve Şekil 9’da yer alan spektrumlardan elde edilen 15 frekans bileşenine ait veriler Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Spektrum Bileşenlerinin Frekansları ve Düzeyleri

No	Frekans (Hz)	Düzy (dB)
1	46.87	- 48.24
2	93.75	- 47.14
3	140.62	- 43.00
4	187.50	- 35.57
5	234.37	- 33.45
6	281.25	- 30.37
7	328.12	- 41.02
8	375.00	- 40.48
9	421.87	- 45.53
10	468.75	- 49.07
11	515.62	- 40.52
12	562.50	- 47.41
13	609.37	- 46.98
14	656.25	- 50.50
15	703.12	- 52.60

Tablo 3 incelendiğinde, en yüksek ses düzeyi 281.25Hz frekansı için -30.37dB olarak belirlenmiştir. Bu frekans, spektrumda yer alan diğer tüm bileşenler arasında baskın frekans ya da baskın bileşen olarak adlandırılabilir. İkinci en yüksek düzey 234.37Hz için -33.45dB ve üçüncü en yüksek düzey ise 187.50Hz için -35.57dB olarak elde edilmiştir.

46.87Hz’ten 281.25Hz’e doğru ses düzeyinin giderek arttığı ve 328.12Hz’e geçerken belirgin bir düşüş meydana geldiği saptanmıştır. 328.12Hz ile 703.12Hz aralığında ise ses düzeyinin düşük seviyelerde dalgalanarak devam ettiği görülmüştür.

Tablo 3’teki en yüksek frekanslı bileşenler 187.50Hz ile 328.12Hz aralığında yer almaktadır. Bu durum, titreşim sonucu oluşan akustik enerjinin en çok bu frekans aralığına aktarıldığını göstermektedir.

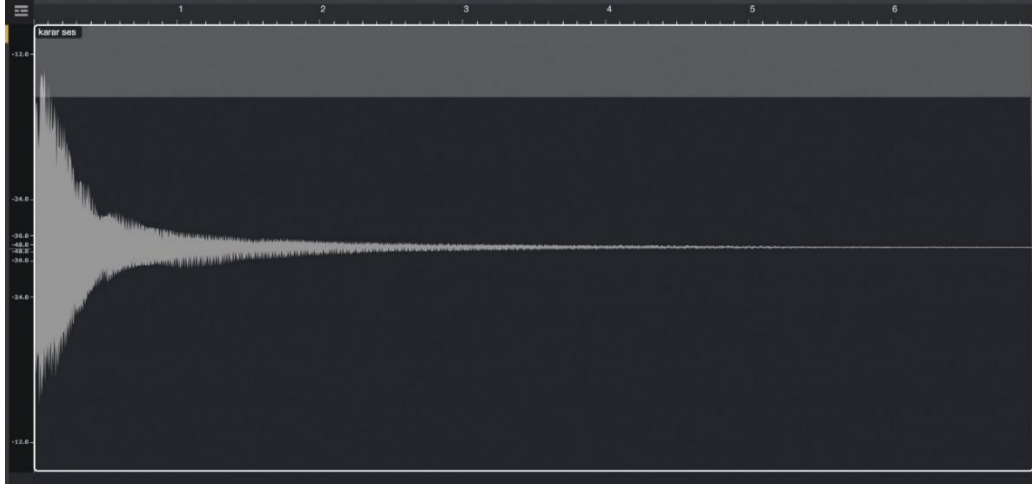
Tablo 3’te en yüksek ses düzeyine sahip frekans 281.25Hz olarak elde edilmesine rağmen, bu frekans temel frekans (birinci harmonik) değildir. Frekans spektrumlarında temel frekans, genellikle en yüksek genliğe sahip olan frekanstır. Ancak bu araştırmada analiz edilen ses kaydı, bağlamanın tek bir telinden elde edilmemiştir. Bağlama üzerinde üç grup halinde bulunan toplam yedi telin aynı anda uyarılmasıyla oluşan tel titreşimleri ile ses tahtası, tekne ve tekne içerisindeki hava gibi yapıların titreşimlerinin birleşmesi sonucu ortaya çıkan toplam ses analiz edilmiştir. Dolayısıyla aynı anda titreşen birden fazla yapının temel frekansları ile harmonikleri, karar sesi icrası sırasında üst üste gelerek aynı spektrumda yerini almıştır.

Birinci harmoniğe ait ses düzeyinin düşük çıkmasında, sistemin böylesine bir karmaşık titreşim özelliği göstermesinin neden olduğu düşünülmektedir. Bu doğrultuda, Tablo 3’te birinci sırada yer alan 46.87Hz değerindeki frekans, temel frekans olarak adlandırılabilir. Bundan sonraki frekans bileşenleri de bu temel frekansın tam sayılı katları şeklinde ilerlediğinden ikinci harmonik, üçüncü harmonik, dördüncü harmonik vb. olarak ifade edilebilir (Serway ve Beichner, 2015: 555).

5.2. Zarf Yapısı İçin Elde Edilen Akustik Bulgular

Bağlamanın karar sesinin zarf yapısı için elde edilen veriler, Şekil 10'da yer almaktadır.

Şekil 10. Karar Sesinin Zarf Analizi



ADSR analizi, sinyalin maksimum genliğe ulaştığı attack evresini, genliğin hızla azaldığı decay evresini, genlik değişiminin görece yavaş ilerlediği sustain evresini ve genliğin kademeli olarak azalıp sıfıra yaklaştığı release evresini kapsayan sinyal davranışlarının analizi anlamına gelmektedir (Önen, 2014:36).

Şekil 10'da yer alan verilere göre, tüm tellerin aynı anda uyarılmasından hemen sonra genliğin maksimum noktasına çıkması için geçen süre diğer bir ifadeyle attack süresi, 77ms olarak ölçülürken, tel titreşimlerinin tamamen sönmesine kadar geçen süre 16.845s olarak ölçülmüştür.

Attack evresinin ardından, hızlı ve düzenli bir genlik düşüşünün meydana geldiği decay evresi gözlenmiştir. Sustain evresinde genlik değerlerinin düzenli olarak azalmaya devam ettiği, son evre olan release evresindeyse genliğin kademeli olarak düşüp titreşimin sona erdiği tespit edilmiştir.

5.3. RMS Değeri İçin Elde Edilen Akustik Bulgular

Bağlamanın üç tel grubunun mızrapla aynı anda uyarılması sonucu elde edilen karar sesine ait RMS düzeyleri belirlenmiştir. Bu düzeyler; sol kanal için -34.4961dB, sağ kanal için -34.4956dB ve stereo sinyal için -34.4958dB olarak elde edilmiştir. Sağ ve sol kanal verileri arasındaki farkın çok düşük olması (0.0005dB), ses kaydına ait iki kanaldaki etkin genlik düzeylerinin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ

Bu araştırmada, belirlenen ölçütler doğrultusunda bir bağlama tasarlanıp üretilmiş ve üretilen bağlamadan alınan ses kayıtları analiz edilerek bağlamanın frekans spektrumu ve zarf davranışları gibi temel akustik özelliklerine ait veriler elde edilmiştir.

Yapılan deneysel akustik analizler sonucunda elde edilen frekans spektrumları incelendiğinde; sinyale ait genlik dağılımının frekansa göre değiştiği, en yüksek genlik değerlerinin düşük frekans bölgesi olan 250Hz ile 300Hz arasında ortaya çıktığı görülmüştür.

Orta frekans bölgesinde genliği yüksek olan karakteristik frekans bileşenleri oluşurken, frekans değerleri arttıkça genlik değerlerinin düştüğü ve daha sık aralıklarla küçük tepelerin meydana geldiği tespit edilmiştir.

Spektrumun baskın frekansı olan 281.25Hz için tespit edilen ses düzeyi, -30.37dB olarak ölçülürken, ikinci sırada yer alan 234.37Hz için -33.45dB ve üçüncü sırada yer alan 187.50Hz için -35.57dB olarak elde edilmiştir. Analizler sonucunda, temel frekansın 46.87Hz olduğu ve harmoniklerin bu frekansın tam sayılı katlarına eşit değerler aldığı belirlenmiştir.

Karar sesine ait zarf yapısı verileri incelendiğinde; attack süresinin 77ms ve sesin tamamen sönmesine kadar geçen toplam sürenin 16.845s olduğu tespit edilmiştir. Ses zarfının decay, sustain ve release evrelerinde çok fazla genlik dalgalanmasının olmadığı, genlik değerlerinde düzenli düşüşün olduğu görülmüştür.

Karar sesine ait ses kaydının RMS değerleri incelenmiş; sol kanal için -34.4961dB, sağ kanal için -34.4956dB ve stereo sinyal için -34.4958dB olarak elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada kullanılan bağlamanın üretim aşamasında hem atölyelerini kullanmama izin veren hem de bağlama yapımı konusundaki bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli bağlama yapımcıları Özkan Gezer ve Ercan Polat'a; üretimi yapılan bağlamanın ses kayıtlarını alan Öğretim Görevlisi Yusuf Özgür Tire'ye ve akustik analizler için ihtiyaç duyulan görselleri hazırlayan Prof. Dr. Serdar Çelik'e çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Önen, U. (2014). *Ses Kayıt ve Müzik Teknolojileri*, 8.Baskı, Çitlembik Yayınları.

Serway, R.A. ve Beichner, R.J. (2015). *Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1*. (Çev. Ed. Kemal Çolakoğlu), Ankara: Palme Yayıncılık.

ORCID:

GÖRME YETERSİZLİĞİNDEN ETKİLENMİŞ ÇOCUĞU OLAN VELİLERİN DESTEK HİZMETLERİNE ERİŞİM DENEYİMLERİNİN İNCELENMESİ

Ma.St Emine GÜLER TURAN^{*1}, Doç. Dr. Tamer KARAKOÇ¹¹ Gazi Üniversitesi* Corresponding Author: Emine GÜLER TURAN
gulere mine28069@gmail.com

1. GİRİŞ

Özel gereksinimli bireyler, gelişimsel özellikleri, öğrenme gereksinimleri ve çevresel düzenlemelere duydukları ihtiyaç bakımından akranlarından anlamlı düzeyde farklılaşabilmektedir (MEB, 2018). Bu birey grupları içinde yer alan görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuklar, yalnızca görsel bilgiye erişimde değil; eğitim, bakım, toplumsal katılım ve bağımsız yaşam becerilerinin geliştirilmesi süreçlerinde de çok boyutlu desteğe gereksinim duymaktadır (Küçüközyiğit vd., 2021; ASHB, 2021). Görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğa sahip olmak, aile yaşamında duygusal, sosyal ve ekonomik açıdan önemli değişimlere yol açmakta; tanı sürecinden itibaren ailelerin bakım, eğitim, tedavi ve uyum süreçlerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşmasına neden olmaktadır (Özaydın vd., 2021; Piştav Akmeşe vd., 2023).

Aile, çocuğun gelişimini en yakından gözlemleyen ve çocuğa ilişkin en kapsamlı bilgiyi sağlayan temel sosyal yapı olarak özel eğitim sürecinde önemli bir konuma sahiptir (Tavil, 2005). Bu nedenle ailelerin değerlendirme, yönlendirme ve eğitim süreçlerine etkin katılımı, özel eğitim hizmetlerinin niteliğini artıran temel unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir (Goldman ve Burke, 2017). Aile ile okul ve uzmanlar arasındaki iş birliği, çocuğun eğitim sürecinin niteliğini artıran önemli bir faktördür (Addi-Raccah ve Grinshtain, 2022). Özel gereksinimli bireylerin eğitim, erişilebilirlik ve toplumsal yaşama katılım hakları ulusal ve uluslararası düzenlemelerle (IDEA, 1975; MEB, 1997; MEB, 2018; TBMM, 2005) güvence altına alınmıştır.

Türkiye’de destek hizmetleri Millî Eğitim Bakanlığı, Rehberlik ve Araştırma Merkezleri (RAM), Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, sağlık kuruluşları ve yerel yönetimler aracılığıyla yürütülmektedir. Ancak destek hizmetlerinin farklı kurumlar tarafından parçalı biçimde sunulması, ailelerin bilgi edinme, uygun kuruma yönlendirilme ve hizmetlerden süreklilik içinde yararlanma süreçlerini güçleştirebilmektedir (Piştav Akmeşe vd., 2023; Enoch vd., 2022). İlgili alanyazındaki çalışmaların önemli bir bölümü özel gereksinimli çocuğa sahip ailelerin genel gereksinimlerine ya da bakım verenlerin yaşadığı güçlüklerle odaklanmaktadır (ASPB, 2013; Kerkez ve Okuyan, 2024; Özaydın vd., 2021). Buna karşılık görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan velilerin psikolojik, eğitsel, sosyal, sağlık ve ekonomik destek hizmetlerine erişim deneyimlerini birlikte ve bütüncül bir çerçevede inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu araştırma, söz konusu boşluğu velilerin doğrudan deneyimlerine dayalı olarak derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Alt Amaçları

Bu araştırmanın amacı, görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan velilerin destek hizmetlerine erişim sürecine ilişkin deneyimlerini incelemek, bu süreçte karşılaştıkları güçlükleri ortaya koymak ve destek hizmetlerine yönelik gereksinimlerini belirlemektir. Bu doğrultuda araştırmada aşağıdaki sorulara yanıt aranacaktır:

1. Görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğa sahip veliler destek hizmetlerine erişim sürecini nasıl deneyimlemektedir?
2. Veliler destek hizmetlerine erişim sürecinde hangi güçlüklerle karşılaşmaktadır?
3. Velilerin psikolojik, eğitsel, sosyal, sağlık ve ekonomik destek hizmetlerine ilişkin gereksinimleri nelerdir?
4. Velilerin mevcut destek hizmetlerine ilişkin görüşleri ve beklentileri nelerdir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan velilerin destek hizmetlerine erişim sürecinde yaşadıkları deneyimleri, karşılaştıkları güçlükleri ve gereksinimlerini derinlemesine incelemeyi amaçladığından nitel araştırma yöntemiyle yürütülecektir (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Araştırmada, bireylerin belirli bir olguya

ilişkin yaşanmış deneyimlerini ve bu deneyimlere yükledikleri anlamları ortaya çıkarmaya uygun olması nedeniyle olgubilim deseni tercih edilmiştir (Tekindal ve Uğuz Arsu, 2020). Bu araştırmada incelenen olgu, görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan velilerin destek hizmetlerine erişim sürecinde yaşadıkları deneyimlerdir.

2.2. Katılımcılar

Araştırmanın katılımcılarını, Ankara ilinde yaşayan, görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan ve araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden 15 veli oluşturacaktır. Katılımcıların belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemi kullanılacaktır. Katılımcı seçiminde; çocuğun görme yetersizliğinin sağlık kurulu raporu ya da RAM değerlendirme süreciyle belgelenmiş olması, velinin çocuğun eğitim, sağlık, sosyal hizmet ya da ekonomik destek hizmetlerinden en az birine başvuru veya yararlanma deneyimine sahip olması ve araştırmaya gönüllü katılım göstermesi temel ölçütler olarak dikkate alınacaktır. Katılımcı sayısı, olgubilim deseninin derinlemesine veri toplama niteliği ve nitel araştırmalarda veri doygunluğuna ulaşma ilkesi dikkate alınarak 15 veli olarak planlanmıştır. Görüşmeler sürecinde veri doygunluğu izlenecek; benzer yanıtların tekrar etmeye başlaması ve yeni temaların ortaya çıkmaması durumunda veri toplama süreci sonlandırılacaktır. Görüşmeler, katılımcıların uygunluk durumuna göre yüz yüze gerçekleştirilecektir.

2.3. Veri Toplama Araçları ve Süreci

Araştırmada veriler yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak elde edilecektir (Yıldırım ve Şimşek, 2021). İlgili alanyazın ve araştırmanın alt amaçları doğrultusunda araştırmacı tarafından yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanacaktır. Görüşme formunda tanı ve ilk yönlendirme süreci, eğitim ve özel eğitim hizmetlerine erişim, sağlık ve rehabilitasyon hizmetlerinden yararlanma, psikolojik danışmanlık ve rehberlik hizmetleri, sosyal hizmetler ve ekonomik destekler, destek hizmetlerine erişimde karşılaşılan güçlükler ile velilerin beklenti ve önerilerine ilişkin açık uçlu soru alanlarına yer verilecektir. Hazırlanan form, özel eğitim ve nitel araştırma alanlarında çalışan uzmanların görüşlerine sunulacak; uzman geri bildirimleri doğrultusunda forma son hâli verilecektir.

Araştırmaya başlamadan önce gerekli etik kurul ve kurum izinleri alınacaktır. Katılımcılara araştırmanın amacı, görüşmenin kapsamı, verilerin nasıl kullanılacağı, gizlilik ilkeleri ve araştırmadan istedikleri zaman ayrılacakları açıklanacak; bilgilendirilmiş gönüllü onam formu imzalatılacaktır. Görüşmeler yüz yüze gerçekleştirilecek, ses kaydı alınmayacak ve görüşme notlarıyla kayıt altına alınacaktır. Katılımcıların kimliklerinin gizliliğini korumak amacıyla V1, V2, V3 gibi kodlar kullanılacaktır.

2.4. Verilerin Analizi

Görüşmelerden elde edilen veriler içerik analizi yoluyla çözümlenecektir (Alanka, 2024; Yıldırım ve Şimşek, 2021). Verilerin analizi, kodlanması ve tematik olarak yapılandırılması sürecinde MAXQDA nitel veri analizi programı kullanılacaktır. Analiz sürecinde öncelikle ayrıntılı görüşme notları düzenlenecek ve anlamlı veri birimleri belirlenecektir. Bu veri birimleri MAXQDA programına aktararak kodlanacak, ilişkili kodlar kategoriler altında bir araya getirilecek ve temalar oluşturulacaktır. Bulgular, doğrudan alıntılarla desteklenerek sunulacaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Geçerlik ve güvenilirliği sağlamak amacıyla inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve doğrulanabilirlik ölçütleri dikkate alınacaktır (Lincoln ve Guba, 1985).

3. BEKLENEN BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilecek bulguların, görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan velilerin destek hizmetlerine erişim süreçlerine ilişkin deneyimlerini, karşılaştıkları güçlükleri ve gereksinimlerini ortaya koyması beklenmektedir.

Alanyazındaki çalışmalar doğrultusunda, velilerin tanı ve ilk yönlendirme sürecinde bilgi edinme güçlükleri yaşadıklarının ve rehberlik ihtiyacı duyduklarının belirlenmesi beklenmektedir (ASPB, 2013; Küçüközyiğit vd., 2021). Eğitim, sağlık, sosyal hizmetler ve ekonomik desteklerin farklı kurumlar tarafından parçalı biçimde sunulmasının kurumlar arası koordinasyon eksikliğine ve hizmet sürekliliğinde güçlükler yol açtığı öngörülmektedir (Enoch vd., 2022; Piştav Akmeşe vd., 2023). Ayrıca velilerin psikolojik destek, sosyal destek ve ekonomik destek gereksinimlerinin ön plana çıkması; bakım yükü ve ulaşım güçlüklerinin ifade edilmesi beklenmektedir (Avşaroğlu, 2018; Kerkez ve Okuyan, 2024).

4. SONUÇ

Bu araştırmanın, görme yetersizliğinden etkilenmiş çocuğu olan velilerin destek hizmetlerine erişim deneyimlerini çok boyutlu bir yaklaşımla görünür kılması beklenmektedir. Elde edilecek sonuçların; aile merkezli

özel eğitim hizmetlerinin planlanması, erken yönlendirme mekanizmalarının ve kurumlar arası iş birliğinin güçlendirilmesi, RAM süreçlerinin iyileştirilmesi ve erişilebilir destek modellerinin geliştirilmesi hususlarında uygulayıcılara ve karar vericilere doğrudan yol gösterici katkılar sunması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- ADDI-RACCAH, A. ve GRINSHTAIN, Y. (2022). “Teachers’ Professionalism and Relations with Parents: Teachers’ and Parents’ Views”, *Research Papers in Education*, 37(6): 1142–1164.
- ALANKA, D. (2024). “Nitel Bir Araştırma Yöntemi Olarak İçerik Analizi: Teorik Bir Çerçeve”, *Kronotop İletişim Dergisi*, 1(1): 64–84.
- ASHB (2021). *Engelliler İçin Bilgilendirme Rehberi*, T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, <https://www.aile.gov.tr/media/35694/engelli-bilgilendirme.pdf>, 10.09.2026.
- ASPB (2013). *Destek Özel Eğitim Hizmetlerinin Verimliliğinin Araştırılması Projesi (DESÖP)*, Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- AVŞAROĞLU, N. (2018). *A Cash-for-Care Scheme Targeting Children with Disabilities in Turkey: Parent/Caregiver Perspectives*, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- ENOCH, J., DICKINSON, C., POTTS, J. ve SUBRAMANIAN, A. (2022). “An Exploratory Study on Support for Caregivers of People with Vision Impairment in the UK”, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 42(4): 858–871.
- GOLDMAN, S. E. ve BURKE, M. M. (2017). “The Effectiveness of Interventions to Increase Parent Involvement in Special Education: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis”, *Exceptionality*, 25(2): 97–115.
- IDEA (1975). *Individuals with Disabilities Education Act*, 20 U.S.C. § 1400 et seq., <https://www.ed.gov/laws-and-policy/individuals-disabilities/individuals-disabilities-education-act-idea>, 10.09.2026.
- KERKEZ, M. ve OKUYAN, C. (2024). “Engelli Çocuğa Sahip Ailelerin Aile İhtiyaçlarının Belirlenmesi”, *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1): 145–162.
- KÜÇÜKÖZYİĞİT, M. S., ASLAN, C. ve YALÇIN, G. (2021). “Görme Yetersizliği Olan Çocuğa Sahip Ailelerin Gereksinimlerinin Belirlenmesi”, *Cumhuriyet International Journal of Education*, 10(3): 1214–1239.
- LINCOLN, Y. S. ve GUBA, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*, SAGE Publications, Newbury Park.
- MEB (1997). *573 Sayılı Özel Eğitim Hakkında Kanun Hükmünde Kararname*, Resmî Gazete (Sayı: 23011), Ankara.
- MEB (2018). *Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği*, Resmî Gazete (Sayı: 30471), Ankara.
- ÖZAYDIN, L., KARAÇUL, F. E., KAYHAN, N., BÜYÜKÖZTÜRK, Ş., KARAHAN, S. ve SIMEONSSON, R. J. (2021). “Assessing Needs of Parents with Children with Disabilities in Turkey”, *Psycho-Educational Research Reviews*, 10(3): 255–267.
- PİŞTAV AKMEŞE, P., İŞIKDOĞAN UĞURLU, N. ve KAYHAN, N. (2023). “Görme Yetersizliği Olan Çocuk Annelerinin Özel Eğitim Hizmetlerine İlişkin Görüşlerinin İncelenmesi”, **Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 7(2): 223–252.
- TAVİL, Y. Z. (2005). *Davranış Denetimi Aile Eğitim Programının Annelerin Davranışsal İşlem Süreçlerini Kazanmalarına Etkisi (Doğrudan Öğretim Yaklaşımı ile Sunulan)*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TBMM (2005). *5378 Sayılı Engelliler Hakkında Kanun*, Resmî Gazete (Sayı: 25868), Ankara.
- TEKİNDAL, M. ve UĞUZ ARSU, Ş. (2020). “Nitel Araştırma Yöntemi Olarak Fenomenolojik Yaklaşımın Kapsamı ve Sürecine Yönelik Bir Derleme”, *Ufuk Ötesi Bilim Dergisi*, 20(1): 153–172.
- YILDIRIM, A. ve ŞİMŞEK, H. (2021). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, (12. baskı), Seçkin Yayıncılık, Ankara.

* Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Özel Eğitim Anabilim Dalı, Görme Engellilerin Eğitimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi. E-posta: gulere mine28069@gmail.com

** Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Özel Eğitim Bölümü, Görme Engellilerin Eğitimi
Anabilim Dalı. E-posta: tamerk@gazi.edu.tr

SURÛRÎ'NİN ACÂ'İBÜ'L-MAHLÛKÂT GARÂ'İBÜ'L-MEVCÛDÂT'INDAKİ (LIBRARY OF CONGRESS G93.Q3185 1553) TASVİRLERİ

Ma.St Fırat KAVUŞTUM*, Doç. Dr. Semiha ALTIER¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

* Corresponding Author: Fırat KAVUŞTUM
firatkavustum17@gmail.com

1. *Acâibü'l Mahlukât Garâibü'l Mevcûdât*

Eski coğrafya ve seyahat eserleri *Acâ'ibü'l-Büldân*, *Acâ'ibü'l-Hind* ve *Acâ'ibü'l-Mahlûkât* olarak adlandırılmıştır. Arapça kökenli olan “acâib” kelimesi; hayret etmek, şaşırmak ve alışılmışın dışında kalan şeyler karşısında hayranlık duymak anlamlarını taşımaktadır. “Mahlûkat” sözcüğü ise “yaratmak” anlamındaki *halaka* fiilinden türemiş olup “yaratılmış varlıklar” anlamına gelmektedir. Bu iki kelimenin birleşmesiyle oluşan *Acâibü'l-Mahlûkât* ifadesi, genel anlamıyla “yaratılmış varlıkların hayret uyandıran ve alışılmışın dışında kalan özellikleri” şeklinde açıklanabilmektedir (Dubler,1960:203; Kut,1988:315; Özay,2014:126).

Bunun yanı sıra, *garâib* kavramı nadir görülen, alışılmışın dışında kalan ve insanda hayret uyandıran şeyleri ifade etmek için kullanılmaktadır. *Mevcûdât* sözcüğü ise varlıklar, mevcut olanlar ve yaratıklar anlamlarına gelmektedir. Bu bağlamda *Acâibü'l-Mahlûkât* ve *Garâibü'l-Mevcûdât* ifadesi, yaratılmış varlıklar ve mevcut olanlar içerisinde hayret ve şaşkınlık uyandıran, olağan dışı ve nadir görülen unsurları konu edinen bir anlam çerçevesine sahiptir (Develioğlu,1993:967;Mottahedeh,1997:29; Özay,2014:126; Kut,2019:17).

Terim olarak *Acâibü'l-Mahlûkât* ve *Garâibü'l-Mevcûdât* adı, İslam dünyasında özellikle Zekeriyâ el-Kazvî'nin coğrafya, kozmografya, tabiat olayları, bilinmeyen topluluklar ve olağanüstü varlıklara dair bilgileri ansiklopedik bir düzen içerisinde ele aldığı eseriyle yaygınlık kazanmıştır. Daha sonraki dönemlerde ise benzer konuları içeren eserler için kullanılan ortak bir ad hâline gelmiştir (Kut,1988:315; Güney, 2006:4; Sarıkaya,2010:1; Gögebakan,2014:128).

1.1. *Acâibü'l Mahlukât Garâibü'l Mevcûdât* Türünün Tarihsel Gelişimi

Acâibü'l-Mahlûkât Garâibü'l-Mevcûdât türü, Antik Yunan'a kadar uzanan derleme niteliğinde bir eser türüdür. 8. ve 9. yüzyıllarda Abbâsîler döneminde gerçekleştirilen tercüme faaliyetleriyle Antik Yunan düşüncesine ait eserlerin İslam dünyasına aktarılması, İslam coğrafyacılığının sistemleşmesinde önemli bir rol oynamıştır. Aristoteles, Theophrastus ve Batlamyus gibi düşünürlerin çalışmaları bu süreçte temel kaynaklar arasında yer alırken, Kazvî'nin de eserlerini aralarında Antik Yunan kaynaklarının bulunduğu yirmiden fazla eserden yararlanarak oluşturmuştur (Lewicki, 1968: 865; Keçelioğlu, 1997: 8).

Arap edebiyatında *Acâibü'l-Mahlûkât* geleneği, farklı coğrafyalara ilişkin gözlemler, tarihî ve astronomik bilgiler ile olağanüstü varlıklara dair anlatıların bir arada ele alındığı eserlerle gelişmiştir. Ebû Hâmid el-Gırnâtî'nin *Kitâb el-Mu'rib 'an Ba'd 'Acâ'ib el-Mağrib* ve *Tuhfetü'l-Elbâb ve Nuhbetü'l-A'câb* adlı eserleri, İzzeddin İbnü'l-Esir'e atfedilen *Tuhfetü'l-'Acâib* ve *Tuhfetü'l-Garâib* ile İbnü'l-Verdî'nin *Harîdetü'l-Acâib* ve *Ferîdetü'l-Garâib* adlı eseri bu geleneğin farklı dönemlerdeki örnekleri arasında yer almaktadır (Kut, 1988: 315-316; Özdemir, 1994: 129; Varol, 2009: 69-70; Çelik, 2019: 6-8; Aydın, 2021: 3-5).

Bu birikim, 13. yüzyılda Zekeriyâ el-Kazvî'nin *Acâibü'l-Mahlûkât* ve *Garâibü'l-Mevcûdât* adlı eserinde daha sistemli bir kozmografya anlayışı içerisinde yeniden şekillenmiştir. Kazvî'nin *Âşârü'l-Bilâd* ve *Ah'bârü'l-İbâd* adlı eseri yedi iklim esasına göre düzenlenmiş, yaklaşık kırk kaynaktan yararlanılarak hazırlanmış kapsamlı bir coğrafya çalışmasıdır. Yeryüzü, iklimler, ülkeler ve milletlerin yanı sıra canlı ve cansız varlıkların özellikleri, dikkat çekici olaylar ve tarihî şahsiyetlere de yer verilmiştir (Kowalska, 1967: 41; Lewicki, 1978: 865; Afshar ve Bosworth, 1984: 696; İzgi, 2002: 160).

Kazvî'nin ikinci ve en tanınmış eseri *Acâibü'l-Mahlûkât* ve *Garâibü'l-Mevcûdât* ise Arapça kaleme alınmış kapsamlı bir kozmografya çalışması olup Câhiz'in *Kitâbü'l-Hayevân*'ı, Aristoteles'in *Historia Animalium* adlı eserinin Arapça tercümesi, Ebû Hâmid el-Gırnâtî ve Muhammed b. Mahmûd et-Tûsî'nin çalışmaları başta olmak üzere yaklaşık yirmi kaynaktan yararlanılarak oluşturulmuştur. Eser, Batlamyus'un kozmolojik sistemi temelinde dört mukaddime ve iki makeden meydana gelmekte; ilk mukaddimede *acâib*, ikincisinde *mahlûkât*, üçüncüsünde

garâib, dördüncüsünde ise *mevcûdât* kavramları açıklanmaktadır (Lewicki, 1978: 866; Kut, 1985: 184; Göl, 2008: 2; Başkan, 2007: 18; Carboni, 2012: 16; Badîee, 1984: 97; Şeşen, 1994: 907; Hees, 2006: 174; Yaman ve Karaçöl, 2023: 275).

Fars edebiyatında ise *Acâibü'l-Mahlûkât* geleneği, coğrafya ve kozmografya konularının olağanüstü varlık ve olaylara ilişkin anlatılarla bir araya getirildiği eserlerle devam etmiştir. Ebü'l-Müeyyed-i Belhî'nin *Acâibü'l-Büldân* ve Ahmed et-Tûsî'nin 1175 yılında kaleme aldığı *Acâibü'l-Mahlûkât ve Garâibü'l-Mevcûdât* adlı eserleri bu geleneğin önemli örnekleri arasında yer almaktadır. 1547 yılında İbrahim Adil Şah'ın isteği üzerine hazırlanan ve mütercimi bilinmeyen *Acâibü'l-Mahlûkât Garâibü'l-Mevcûdât* adlı eser de geleneğin sonraki dönemlerde devam ettiğini göstermektedir (Pertsch, 1859: 58; Kut, 1988: 316; Keçelioğlu, 1997: 15).

Çağatay edebiyatında da *Acâibü'l-Mahlûkât* türünde örnekler bulunmaktadır. Bennâî b. Muhammed Herevî'nin (1453–1512) *Acâ'ibü'l-Mahlûkât Tercümesi* ile mütercimi bilinmeyen *Acâ'ibü'l-Mahlûkât ve Garâibü'l-Mevcûdât* bu örnekler arasında yer almaktadır (Çelik, 2019: 6-8).

Osmanlı döneminde ise *Acâibü'l-Mahlûkât* tercümeleri, başta Kazvî'nin eseri olmak üzere İran edebiyatındaki benzer metinlerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Osmanlı sahasında türün gelişimi, özellikle metinlerin görsel unsurlarla desteklenmesiyle farklı bir boyut kazanmıştır. Uzun süre Türkçedeki ilk tercümenin Ahmed Bîcân'a (1400-1460) ait olduğu kabul edilmişse de F. Taeschner'in çalışmaları sonucunda Türkçeye yapılan ilk tercümenin Ali b. Abdurrahman'a (ö. 1397-98?) ait olduğu belirtilmiştir. Ali b. Abdurrahman'a ait olduğu düşünülen eserin, Edirne'nin fethinden (1362) kısa bir süre sonra yazıldığı ve müellifin gözlemlerinin yanı sıra özellikle Kazvî'nin eserinden yararlandığı düşünülmektedir (Kut,1985:186; İzgi,1997:252).

Rükneddin Ahmed tarafından I. Mehmed döneminde Türkçeye tercüme edilen *Acâibü'l-Mahlûkât*, Ahmed Tûsî'nin *Acâibü'l-Mahlûkât ve Garâibü'l-Mevcûdât* adlı eserinin tercümesi niteliğindedir. Ahmed Bîcân tarafından Hacı Bayram'ın isteği üzerine 1453 yılında Gelibolu'da yazılan *Acâibü'l-Mahlûkât* ise Kazvî'nin aynı adlı eserinden farklı olarak doğrudan Arapça metinden değil, Farsça tercümelerden yararlanılarak hazırlanmıştır. Hâce Hâtib Mahmûd er-Rûmî (1486-95? - 1565-66) tarafından 1563 yılında tamamlanan tercüme ise İbnü'l-Verdî'nin *Harîdetü'l-Acâib ve Ferîdetü'l-Garâib* adlı eseri esas alınarak hazırlanmıştır (Kut,1985:186; Ak,1997:63; Şeşen,2000:643).

Bu tercümelerin yanı sıra Mevlânâ Gınâyî'nin *Mir'ât-ı Kâ'inât*, Eyyûb bin Halîl'in *Tezkiretü'l-Acâib ve Tercîmetü'l-Garâib*, Hüseyin b. Mehmed b. Mustafa'nın *Mir'ât-ı 'Acâyibü'l-Mahlûkât ve Keşf-i Garâyibü'l-Mevcûdât*, Mehmed b. Mehmed Rodosîzâde'nin *Acâibü'l-Mahlûkât* ve Rûznâme-yi Sâni Muhammed b. Muhammed Şâkir'in *Acâibü'l-Mahlûkât* adlı eserleri Osmanlı edebiyatında bu geleneğin devam ettiğini göstermektedir. Bu gelişim içerisinde Surûrî tarafından Şehzade Mustafa'nın isteği üzerine yazılan *Acâibü'l-Mahlûkât ve Garâibü'l-Mevcûdât* tercümesi ise Osmanlı sahasında türün metin ve görsel unsurlar bakımından gelişimini göstermesi açısından önemli bir yere sahiptir (Kut,1985:186;Ak,1997:63; Göl,2008:5; Çelik,2019:16).

2.1. Surûrî'nin Hayatı ve İlmi Kişiliği

Osmanlı İmparatorluğu'nun klasik döneminde yaşayan Surûrî (1491-1562), 16. yüzyılın önde gelen âlim ve şairlerinden biridir. Asıl adı Mustafa bin Şa'bân es-Surûrî er-Rûmî kaynaklarda Muslihiddîn lakabıyla da anılmaktadır. "Surûrî" mahlasını ilmî ve edebî faaliyetlerinde kullanmıştır (Keçelioğlu, 1997: 20; Elbir, 2003: 7; Memedzade, 2009: 66).

1491 yılında Gelibolu'da doğan Surûrî, ilk eğitimini Bursa'da Kara Dâvûd Efendi'nin yanında almıştır. Daha sonra Kadri Efendi, Nihâlî Câfer Çelebi (ö.1542), Taşköprüzâde Ahmed Efendi (1495- 1561) ve Fenârîzâde Muhyiddîn Efendi (1478/79–1548) gibi dönemin önemli âlimlerinden ders görmüştür. Eğitimini tamamladıktan sonra 1521 yılında İstanbul Bâb Mahkemesi'nde nâip olarak ilmiyedeki görevine başlamıştır. Ardından çeşitli medreselerde müderrislik yapmıştır. 1523'te Gelibolu Saruca Paşa Medresesi'ne, 1526'da Pirî Paşa Zaviyesi'nden dönüştürülen medreseye ve 1537'de Kâsım Paşa tarafından yaptırılan medreseye müderris olarak atanmıştır. Yaklaşık on yıl Kâsım Paşa Medresesi'nde görev yapan Surûrî, 1548 yılında hocası Fenârîzâde Muhyiddîn Efendi'nin vefatının ardından bir süre görevinden ayrılmış, daha sonra Kâsım Paşa'nın isteğiyle yeniden müderrisliğe dönmüştür (Akün, 1997: 249; Güleç, 2001: 213; Bağcı, 2015: 4).

Daha sonrasında Surûrî Kanûnî Sultan Süleyman'ın 1548 yılındaki fermanıyla Şehzâde Mustafa'ya öğretmen olarak atanmıştır. Amasya'da Şehzâde Mustafa'nın ilmî ve edebî çevresinde bulunan Surûrî, onun yakın çevresinde yer almış ve bu dönemde çeşitli eserler ile şiirler kaleme almıştır. Şehzâde Mustafa'nın 1553 yılında idam

edilmesinin ardından büyük bir üzüntü yaşayan Surûrî, yaklaşık dokuz yıl boyunca devlet görevlerinden uzak bir hayat sürmüştür (Kut, 1988: 317; Elbir, 2003: 10; Atila, 2019: 69).

Surûrî, 1562 yılında vefat etmiş ve kendi adına yaptırdığı mescidin haziresine defnedilmiştir. Kaynaklarda, hayatı boyunca çok sayıda eser kaleme aldığı ve özellikle belâgat ile dinî ilimler alanındaki çalışmalarıyla tanındığı bilinmektedir (Türkay, 1959: 44; Akün, 1997: 249; Güleç, 2002: 170; Elbir, 2003: 11).

Tercüme-i Acâibü'l-Mahlukât Garâibü'l-Mevcûdât

Surûrî, *Tercüme-i Acâibü'l-Mahlukât ve Garâibü'l-Mevcûdât* adlı eserini Şehzâde Mustafa'nın hocalığını yaptığı dönemde kaleme almıştır. Eserin ortaya çıkışı, Şehzâde Mustafa'nın Mekkeli bir tüccardan temin ettiği kitabı Surûrî'ye tercüme ettirmesiyle başlamıştır (Akün, 1997: 249; Başkan, 2007: 20; Kâhya, 2008: 494; Kut, 2012: 14; Bağcı, 2015: 13).

Kozmografik nitelikteki eser, İslâmî bilgi birikimi ve tasavvufi görüşüyle yazmıştır. İlk bölümde gezegenler, burçlar, sabit yıldızlar, takvim ve fal ilmi gibi konuların yanı sıra gökyüzünde Tanrı'ya dua eden melek tasvirlerine yer verilmiştir. İkinci bölümde ise Çin, Fars ve Hint denizleri ile bu bölgelerde bulunduğu inanılan çeşitli olağanüstü varlıklar, insanlar ve hayvanlar ele alınmıştır. Surûrî, tercüme sırasında bazı bölümleri metinden çıkarırken kendi döneminin bilgi birikimine dayanan yeni unsurlar da eklemiştir (Türkay, 1959: 26; Meredith, 1969: 26; Kut, 1988: 317; Güleç, 2001: 230; Başkan, 2007: 21).

Eserin ikinci makalesi üzerinde çalıştığı sırada Şehzâde Mustafa'nın 1553 yılında öldürülmesi, Surûrî'yi derinden etkilemiş ve eserin tamamlanamamasına neden olmuştur. Metin “zürafa” maddesinde yarım kalmış, yaklaşık bir buçuk asır sonra Rodosîzâde tarafından tamamlanarak 1685 yılında Sultan IV. Mehmed'e sunulmuştur (Güleç, 2001: 230; Kut, 2012: 14).

2.2. Surûrî'nin *Tercüme-i Acâibü'l-Mahlukât Garâibü'l-Mevcûdât* (Washington Library of Congress G93.Q3185 1553) Nüshası

Washington Library of Congress'te bulunan Surûrî'ye ait *Acâibü'l-Mahlukât ve Garâibü'l-Mevcûdât* tercümesi, metin ve minyatürleri bakımından dikkat çekici bir nüshadır. Eserin zahriye kısmı günümüze ulaşmamış olup bunun hazırlık sürecinde tamamlanmamış olması veya zaman içerisinde fiziksel nedenlerle kaybolması mümkündür. Giriş bölümünde, Mekkeli bir tüccarın Şehzâde Mustafa'nın isteği üzerine kitabı gönderdiği ve Surûrî'den eseri açıklayıp şerh etmesinin istendiği belirtilmektedir. Bu ifade, çalışmanın yalnızca tercüme olmadığını, müellif metni açıklayıp bazı bölümleri çıkararak yeniden düzenlediğini göstermektedir. Metinde öncelikle *acâib* ve *garâib* kavramları açıklanmakta, ardından olağanüstü varlıklar ve sıra dışı insan topluluklarına ilişkin anlatılara geçilmektedir. Bunlardan birinde, belden aşağısı tek, üst kısmı ise iki insan şeklinde tasvir edilen bir varlıktan söz edilmekte ve bu anlatı bir minyatürle desteklenmektedir. Nüshadaki minyatürler kimi yerlerde metinle doğrudan örtüşürken, bazı sahnelerde anlatılan ayrıntıların birebir yansıtılmadığı görülmektedir. Bu durum, görsel programın yalnızca metni aktarmakla kalmadığını, nakkaşın yorumunu da içerdiğini göstermektedir.



Resim 1. Sûret-i Hût, *Acâ'ibü'l-Mahlukât Garâ'ibü'l-Mevcûdât*, Loc G93.Q3185 1553, y.30a

Resim 1'de gösterilen tasvir “Sûret-i Hût” olarak adlandırılmaktadır. Metin nüshada şu şekilde yer almaktadır: “*Buna Balık takımı yıldız derler. Suretinin tamamının içinde olan yıldızları otuz dört tane dir. Suretin dışında olan (yıldızların sayısı ise) dördttür. Bu burcun, birbirine bağlanmış iki balık suretinde olduğunu söylerler. Birinin kuyruğu diğerine bağlanmıştır ve (bu bağlandıkları) ipliğe Haytü'l-Kettân (Keten iplik) derler.*”

Nüsha 'da yer alan tasvirde resim 11x7.5 ebatlarında olup sahnenin merkezinde sayfanın ise alt kısmında yer almaktadır. Yatay resim alanında, 2 sıra altın yaldızlı çerçeve bulunmaktadır. Resimde kuyruklarından birbirine

bağlı iki balık tasvir edilmiştir. Balıkların üzerinde, metinde belirtilen yıldızlar bulunmaktadır. Metinle uyumlu bir şekilde tasvir edilmiştir. Balıklar mavi renkli fonun önünde durmaktadırlar.



Resim 2. *Secde Eden Melekler*, Acâ'ibü'l-Maḥlûkât Garâ'ibü'l-Mevcûdât, Loc G93.Q3185 1553, y.44b

Resim 2'de gösterilen tasvir “Secde Eden Melekler” olarak adlandırılmaktadır. Metin nüshada şu şekilde yer almaktadır: “*Ve bazı melekler sücuddadır ve anlardan sücud caizdir, bil ki vakidir ve bu halete Hak tealanın kelamı delil-i sarihtir ki buyurur: “Ve meleklerle: 'Adem'e secde edin' dedik. İblis hariç (hepsi) secde ettiler. O ise, diretti ve kibirlendi, kafirlerden oldu.”* (Bakara,34)

Nüsha 'da yer alan tasvirde resim 11x7.5 ebatlarında olup secde eden melekleri betimlemektedir. Tasvir sahnenin merkezinde sayfanın ise alt kısmında yer almaktadır. Yatay resim alanında, 2 sıra altın yaldızlı çerçeve bulunmaktadır. Kompozisyonda, iki sıra halinde dizilmiş melekler secde halinde tasvir edilmiştir. Melekler, kahverenginin çeşitli tonları ile turuncu ve mavi renkler taşıyan elbiseler giymektedirler. Bu giysilerin etekleri, meleklerin ayaklarını tamamen örtecek kadar uzundur. Elbiselerin kısa tutulmuş kollarının altından ise, içlerine giydikleri daha uzun kollu kıyafetler fark edilmektedir. Kıyafetlerin her biri, üzerlerine özenle işlenmiş desenlerle bezenmiştir. Tamamı birbirine benzer başlıklar takan meleklerden bazılarının gözleri, bu derin ibadet anını ve teslimiyeti vurgulamak istercesine kapalı veya yarı kapalı olarak resmedilmiştir. Kompozisyonun fonunu oluşturan açık mavi zemin üzerine daha koyu mavi renkte stilize edilmiş bulutlar yer almaktadır.



Resim 3. *Doğu Rüzgârı sureti Acâ'ibü'l-Maḥlûkât Garâ'ibü'l-Mevcûdât*, Loc G93.Q3185 1553y, y.93b

Resim 3'te gösterilen tasvir “Sûret-i Bâd-ı Sabâ” olarak adlandırılmaktadır. Metin nüshada şu şekilde yer almaktadır: “*Ama Sabâ rüzgârı ılımanlığa yakındır. Gündüzün ilk vakitlerinde eser; başlangıçta serinliğe meyillidir, zira geceden soğumuş yerlere temas edip soğukluk kazanır. Fakat serinlik süresi kısadır. Çünkü hemen ardından güneş doğar, güneş ışınları peşi sıra gelerek onu ısıtır ve ılıman hale getirir. Hem denize hem karaya temas ederek o yönden de ılımanlık kazanır. Bu, seher vakti esen meltemdir ki, insana hoş gelir, uyku getirir, bedeni rahatlatır, gamlı olanı sevindirir. Bütün duyulara uygundur. Şairlerin onu methetmesi bu yüzdendir.”*

Nüsha'da yer alan tasvirde 10x6.5 ebatlarındaki resim Bâd-ı Sabâ suretini betimlemektedir. Tasvir sahnenin sağ üst köşesinde sayfanın ise alt kısmında yer almaktadır. Yatay resim alanında, 2 sıra altın yaldızlı çerçeve

bulunmaktadır. Resimde büyük bir bulut kümesinin ortasında, ağzından rüzgâr üfleyen insan başı tasvir edilmiştir. Ağızdan çıkan bu rüzgâr, sağ alt köşeye doğru yayılan ince, koyu çizgilerle yapılmıştır. Figürün saçları yoktur; kaşları daha düz bir şekilde betimlenmiştir. Başın yanlarından çıkan kanatlar görülmektedir. Kanatların başa yakın kısımları turuncu, uç kısımları ise yeşil renktedir. Resmin alt kısmında ise, yeşil renkli beş yapraklı bitki motifleri yer almaktadır.



Resim 4. Başsız olmayan insan sureti, *Acâ'ibü'l-Mahlûkât Garâ'ibü'l-Mevcûdât*, Loc G93.Q3185 1553y y.111b

Resim 4'te gösterilen tasvir “*Sûret-i Âdem ki Başları Yoktur*” olarak adlandırılmaktadır. Metin nüshada şu şekilde yer almaktadır: “*Ve bu adada bir tür insan daha vardır ki, başları yoktur ve gözleri göğüslerindedir.*”

Nüsha'da yer alan tasvirde 9.5x6.5 ebatlarındaki resim başsız insanı betimlemektedir. Figür sahnenin merkezinde sayfanın ise üst kısmında yer almaktadır. Yatay resim alanında, 2 sıra altın yaldızlı çerçeve içerisinde bulunmaktadır. Resimde, metinde anlatıldığı üzere başsız bir erkek figür tasvir edilmiştir. Figürün gözleri, burnu ve ağzı göğüsünün üzerine yerleştirilmiştir. Kolları vücuduna oranla belirgin biçimde büyük çizilmiş ve iki yana açık bir şekilde betimlenmiştir. Üzerinde herhangi bir giysi bulunmayan figür, tamamen çıplak hâlde resmedilmiştir. Zemin ise yer yer üç yapraklı bitki motifleriyle bezenmiştir.



Resim 5. Baykuş başlı balık, *Acâ'ibü'l-Mahlûkât Garâ'ibü'l-Mevcûdât*, LOC G93.Q3185 1553y, y.121b

Resim 5'te gösterilen tasvir “*Baykuş Başlı Balık*” olarak adlandırılmaktadır. Metin nüshada şu şekilde yer almaktadır: “*Ve orada bir tür balık olur, bütün organları balık gibidir ama başı baykuş başı gibidir.*”

Nüsha'da yer alan tasvirde 10x5.3 ebatlarındaki resim baykuş başlı bir balığı betimler. Figür sahnenin merkezinde sayfanın ise alt kısmında yer almaktadır. Yatay resim alanında, 2 sıra altın yaldızlı çerçeve içerisinde bulunmaktadır. Resimde, metne uygun bir anlatım vardır. Burada başı bir kediye andıran tuhaf bir balık tasvir edilmiştir. Ancak figürün yüzü, zamanla oluşan deformasyonlar nedeniyle belirginliğini yitirmiştir. Ana rengi gri olan bu canlının pulları ve yüzgeçleri daha koyu bir renk kullanılarak belirginleştirilmiştir. Kuyruğu hafif bir kıvrımla yukarı doğru uzanan balık, açık mavi bir fon önünde konumlandırılmıştır.

Sonuç

Acâibü'l-Mahlûkât geleneğinin farklı dönem ve coğrafyalardaki gelişimi, bu eserlerin yalnızca mevcut bilgilerin aktarıldığı metinler olmadığını, her tercüme ve yeniden düzenleme sürecinde yeni bir anlam kazandığını göstermektedir. Bu geleneğin Osmanlı sahasındaki önemli örneklerinden biri olan Surûrî'nin *Acâibü'l-Mahlûkât* ve *Garâibü'l-Mevcûdât* tercümesi de 16. yüzyıl Osmanlı sanat ortamının anlaşılması bakımından ayrı bir yere sahiptir.

Surûrî'nin eseri, Kazvînî'nin metninin yalnızca Türkçeye çevrilmesiyle sınırlı kalmamıştır. Surûrî'nin metne yaptığı müdahaleler, açıklamalar ve eklemelerle yeniden şekillenmiştir. Şehzâde Mustafa'nın isteği doğrultusunda hazırlanan eserin, Surûrî'nin ilmî ve edebî birikimini yansıtan bu yönü, nüshanın yalnızca bir tercüme olarak değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle eserde yer alan minyatürler, metinde anlatılan olağanüstü ve mitolojik varlıkların 16. yüzyıl Osmanlı sanatındaki karşılıklarını incelemek açısından önemli bir görsel kaynak oluşturmaktadır. Bu nüshadaki tasvirlerle bakıldığında, metinde yer alan varlıkların her zaman doğrudan ve birebir biçimde görselleştirilmediği görülmektedir. Bazı tasvirlerde metindeki anlatı açık biçimde takip edilirken, bazı örneklerde nakkaşın metinde verilen özellikleri yeniden yorumladığı anlaşılmaktadır. Özellikle alışılmış biçimlerinin dışında tasvir edilen varlıklar, dönemin hayal dünyasının sınırlarını göstermesi bakımından dikkat çekicidir. Bu durum, minyatürlerin yalnızca metni açıklayan yardımcı unsurlar olmadığını, aynı zamanda anlatının görsel olarak yeniden kurulmasında etkin bir rol üstlendiğini düşündürmektedir. Bu bağlamda Surûrî'nin *Acâibü'l-Mahlûkât* nüshası, 16. yüzyıl Osmanlı minyatür sanatında olağanüstü ve mitolojik varlıkların nasıl tasavvur edildiğini ortaya koyan önemli bir örnek olarak değerlendirilmektedir. Nüshada yer alan varlıklar, ejderhalar, deniz canlıları ve melekler gibi tasvirler, dönemin nakkaşının bilinmeyen ve olağanüstü olanı görselleştirme biçimine ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır. Dolayısıyla Surûrî'nin eseri, yalnızca *Acâibü'l-Mahlûkât* geleneğinin Osmanlı sahasındaki devamını göstermekle kalmamaktadır. Aynı zamanda bu nüshada anlatılan dünyanın, dönemin tasvir anlayışı içinde nasıl şekillendiğini göstermesi bakımından da önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Afshar, I., & Bosworth, C. E. (1984). 'Aġā'eb al-maġlūqāt. *Encyclopaedia Iranica* içinde (ss. 696-699).
- Ak, M. (1997). *Menâzirü'l-avâlim* [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Akün, Ö. F. (1997). Süruri. *TDV İslâm Ansiklopedisi* içinde (C. 11, ss. 249-250). Türkiye Diyanet Vakfı.
- Aydın, B. (2021). *Mir'ât-ı acâibü'l-mahlûkât ve keşf-i garâibü'l-mevcûdât (İnceleme - transkriptli metin - 100a-200a)* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Akdeniz Üniversitesi.
- Badiee, J. (1984). The Sarre Qazwînî: An early Aq Qoyunlu manuscript? *Ars Orientalis*, 14, 97-113.
- Bağcı, A. (2015). *Muslihiddin Mustafa b. Şaban Sürûrî'nin Şerhu Merâhi'l-Ervâh adlı eserinin edisyon kritiği* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Yalova Üniversitesi.
- Başkan, G. (2007). *Manisa İl Halk Kütüphanesi'nde 45 Hk. 5355 no'da kayıtlı Sürûrî çevirisi Acaibü'l-Mahlûkât adlı eserin minyatürlerinin incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Erciyes Üniversitesi.
- Carboni, S. (2012). *The wonders of creation and the singularities of painting*. Edinburgh University Press.
- Çelik, A. F. (1996). *Sururi'nin Hafız Divan-ı şerhinin incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Çelik, E. (2019). *Rodosî-zâde'nin Acâibü'l-Mahlûkât tercümesi (İnceleme - metin - sözlük - tıpkıbasım)* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Uşak Üniversitesi.
- Çelik, G. (2019). *Doğu Türkçesiyle yazılmış Acayibü'l-mahlukat ve Garayibü'l-mevcudat (101a-150b yaprakları) (Dil incelemesi - metin - Türkiye Türkçesine aktarım - dizin)* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Dubler, C. B. (1960). Adja'ib. *Encyclopaedia of Islam* içinde (C. 1, s. 203). Brill.
- Elbir, B. (2003). *Sururi'nin Şerh-i Şebistan-ı Hayal'i (Metin inceleme)* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ege Üniversitesi.
- Gögebakan, Y. (2014). Resimsel anlatım bakımından “Acaibü'l-Mahlukat”, “Tercüme-i Miftah Cifrü'l-Cami” ve “Ahvâl-i Kıyâmet” eserlerindeki mitolojik unsurlar. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 26, 123-141. <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2158>
- Göl, O. (2008). *Ali b. Abdurrahman Acâibü'l-Mahlûkât (1-35. varaklar)* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Güleş, İ. (2001). Gelibolulu Muslihiddin Sururi, hayatı, kişiliği, eserleri ve Bahrü'l-Ma'arif isimli eseri. *Osmanlı Araştırmaları: The Journal of Ottoman Studies*, 21, 211-236.

- Güney, G. (2006). *Manisa İl Halk Kütüphanesi'nde bulunan 3109 no'lu minyatürlü yazma eserdeki mitolojik yaratıların ikonografisi* (Tez No. 285987) [Sanatta yeterlik tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- İzgi, C. (2002). Kazvîni, Zekerîyyâ b. Muhammed. *TDV İslâm Ansiklopedisi* içinde (C. 25, s. 160). Türkiye Diyanet Vakfı.
- Kâhya, E. (2008). Sururi (Mustafa Muslihiddin b. Şaban). *Belleken, 72*(264), 491-500.
- Keçelioglu, S. (1997). *Türkçe Aca'ib'ü'l-Mahlukat yazmalarının minyatürlerinde üslup ve ikonografya* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Kowalska, M. (1967). The sources of al-Qazwîni's *Āthār al-Bilād*. *Folia Orientalia*, 8, 41-88.
- Kut, G. (1985). Türk edebiyatında Acaibül Mahlukat nüshaları üzerine. *Beşinci Milletlerarası Türkoloji Kongresi* içinde (ss. 183-193). Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Kut, G. (1988). Acâibü'l-mahlûkat. *TDV İslâm Ansiklopedisi* içinde (C. 1, ss. 315-317). Türkiye Diyanet Vakfı.
- Kut, G. (2012). *Acâyibü'l-mahlûkât ve garâyibü'l-mevcûdât*. Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Yayınları.
- Lewicki, T. (1978). Al-Kazwini. *The Encyclopaedia of Islam* içinde (Yeni baskı, C. 2, ss. 865-867). Brill.
- Meredith, G. (1969). *Turkish miniatures*. Oxford University Press.
- Mottohede, R. P. (1997). Aja'ib in The Thousand and One Nights. R. G. Hovannisian & G. Sabagh (Ed.), *The Thousand and One Nights in Arabic literature and society* içinde (ss. 29-39). Cambridge University Press.
- Özay, Y. (2014). Evliyâ Çelebi Seyahatnâmesi'nin acâib edebiyatı açısından değerlendirilmesi. *Millî Folklor*, 26(103), 120-133.
- Özdemir, M. (1994). Ebû Hâmid el-Gırnâtî. *TDV İslâm Ansiklopedisi* içinde (C. 10, ss. 128-130). Türkiye Diyanet Vakfı.
- Sarıkaya, B. (2010). *Rûkneddin Ahmed'in Acâibü'l-Mahlûkat tercümesi (Giriş - metin - sözlük)* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Şeşen, R. (1994). Onbeşinci yüzyılda Türkçeye tercümeler. Türk Tarih Kurumu (Ed.), *XI. Türk Tarih Kongresi: Kongreye sunulan bildiriler* içinde (ss. 900-919). Türk Tarih Kurumu.
- Türkay, C. (1959). *Osmanlı Türklerinde coğrafya*. Maarif Basımevi.
- Varol, M. B. (2009). Endülüs'te coğrafya ve coğrafyacılar. *İstem*, (14), 61-77.
- Yaman, B., & B. K. (2023). Sûret-i garîb hayvanât: 13. ve 14. yy. Arapça Acâibü'l-Mahlûkât yazmalarında "hâtime" bölümü metin ve resimleri. *Kalemname: Kırklareli Üniversitesi İslami İlimler Fakültesi Dergisi*, 8(15), 272-313.

BİR ÖĞRENME DENEYİMİ OLARAK ETKİLEŞİMLİ SANAT VE KAMUSAL PEDAGOJİ

Ma.St Hatice İrem YALÇIN^{*1}, Prof. Dr. Osman ÇAYDERE¹

¹ Gazi Üniversitesi

* Corresponding Author: Hatice İrem YALÇIN
iremyalcin002@gmail.com

1. GİRİŞ

Eğitim, literatürde kabul görmüş geleneksel tanımıyla, kişide bireysel yaşantılar yoluyla, kasıtlı ve istendik davranış değişiklikleri oluşturma sürecidir (Ertürk, 1972:12). Güncel yaşamda bu istendik davranış değişiklikleri ve bireyin kimlik kazanımı yalnızca okul, sınıf ve laboratuvar gibi kapalı ortamlar ile sınırlı kalmamaktadır. Kişinin doğumundan itibaren ev, aile, kültür, topluluk, dil, dijital içerikler, sanatla kurulan ilişkiler, kitaplar, arkadaş grupları, okul dışı organizasyonlar gibi her türlü mecaz kişinin eğitim hayatına dahil olan ve kimlik edinimini şekillendiren önemli öğelerdir. Dolayısıyla eğitimin bizzat hayatın kendisini kapsayan bütüncül bir yapıya dönüşmesi, okulla sınırlandırılmasından daha nitelikli bir eğitim süreci ortaya koymaktadır (Schubert, 2010:14-16).

Alanyazında, genişletilmiş bir eğitim vizyonu oluşturulması Kamusal Pedagoji (Public Pedagogy) kavramı etrafında tartışılmaktadır. Kamusal pedagoji genel bağlamıyla; sokağın, kent meydanlarının, herkesin erişebileceği her çeşitte kamusal alanın aktif öğrenme ortamı olduğunu ve insanların dünyayı okuma deneyimini şekillendirmede öğretici rol üstlendiğini savunmaktadır (Sandlin vd., 2011: 338-339). Kavramın öncülerinden olan Giroux'ya (2004:62-64) göre de öğretme ve öğrenme sadece öğretmenlerin inisiyatifinde olan bir eylem değildir. Kültür ve mekânsal pratikler öğrenmeyi süreklilikle yeniden üreten toplumsal bir deneyim haline getirmektedir. Özetle; kültürel alanların (müzeler, anıtlar, parklar, vb.) birer eğitim alanı olduğu ve insanların bu ortamlarda vatandaşlık, aidiyet, toplumsal kimlik gibi kavramları informal yollarla öğrendikleri vurgulanmaktadır. Aslında içinden geçip gittiğimizi düşündüğümüz kamusal alanlar bize sessizce yeni şeyler katan ve öğreten gizli eğitimler olarak işlev görmektedir.

Kamusal alanların gizli eğitimsel rollerinin nitelikli hale getirilmesi için bu mekanların önemli ölçüde kurgulanması gerekmektedir. Bireyde duyuşsal bir tecrübe yaratarak anlam üretimini ortaya çıkarması noktasında fiziki ortamlarda içeriği planlanarak kurgulanmış kamusal sanat pratikleri kilit bir rol üstlenmektedir. Erken dönem kamusal sanat örnekleri genellikle kent meydanlarında anıtsal heykeller formunda olup tek taraflı bir mesaj verme gayesiyle karşımıza çıkmışken (Engin, 2020: 59–81); çağdaş kamusal sanat pratikleri insan etkileşimine önem vererek izleyici katılımını merkeze almaktadır. Bu yapı, sanat uygulamasını anlamın ortaklaşa üretildiği eylemsel bir hale dönüştürmüştür. Bishop'un (2005:6-13) yerleştirme sanatında izleyicinin fiziksel deneyimine yaptığı vurgu, etkileşimli sanat uygulamalarının deneyim boyutunun incelenmesi açısından bir temel sunmaktadır.

Literatüre bakıldığında, sanat eğitiminin informal ve formal yapılarda genellikle müze/galeri etrafında sıkıştığı ya da okul müfredatlarının sınırları içinde kaldığı görülmektedir. Etkileşimli kamusal sanatın bir eğitim içeriği olarak kullanılabilirliğini değerlendiren çalışmaların yeterli düzeyde araştırılmadığı tespit edilmiştir. Öğrenmenin okul ötesinde kamusal alanda da sürdürülen bir süreci kapsadığı esası göz önünde bulundurularak bu çalışmada şu sorulara yanıt aranmaktadır:

1. Etkileşimli kamusal sanat uygulamaları, alımlayıcının öğrenme sürecini nasıl deneyimsel hale getirmektedir ve duyuşsal öğrenme nasıl şekillenmektedir?
2. Etkileşimli kamusal sanat uygulamaları, hangi özellikleri aracılığıyla okul dışı/informal öğrenme ortamı ve içeriği oluşturma potansiyeli taşımaktadır?

2. YÖNTEM

Belirlenen araştırma sorularına verilecek yanıtları sağlam bir temele oturtmak amacıyla bu çalışmada nitel araştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Araştırma konusu olan olgunun kendi bağlamı içinde bütüncül olarak incelenmesini sağlamak için (Creswell, 2013:52,133) ilgili literatür taranmış, seçilen sanat uygulamalarına ilişkin dokümanlar incelenmiş ve elde edilen veriler betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Çalışmada incelenen belgeler; sanatçı ve proje ekiplerinin resmî web sayfalarında yer alan proje açıklamaları, proje görselleri ve video dokümantasyonları ile çalışmalara ilişkin akademik yayın ve etki değerlendirme raporlarından oluşmaktadır. Çalışma grubu izleyici katılımını merkeze alan, bireyi zihinsel ve bedensel olarak eserin bir parçası hâline getiren çeşitli etkileşimli

kamusal sanat uygulamaları üzerinden amaçlı örnekleme yoluyla belirlenmiştir (Büyüköztürk vd., 2017:91). Bu kamusal sanat uygulamaları sırasıyla; Michael Pinsky- *Pollution Pods*, Rafael Lozano-Hemmer- *Border Tuner*, Daily tous les jours- *21 Swings* isimli çalışmalardır. Bu eserlerin seçim ölçütleri şu kapsamda belirlenmiştir: kamusal alanda bulunması, izleyici katılımının eserin işleyişinin merkezinde olması, katılımcının bedensel/zihinsel/sosyal olarak etkileşime girmesi, öğrenme deneyimi açısından analiz edilebilecek yeterli dokümantasyonun bulunması. Söz konusu eserler estetik formlarından öte; izleyiciyi eylemsel bir sürece dâhil etme biçimleri, katılımcıda tetikledikleri duyuşsal öğrenme ve kentsel alanı informal eğitime dönüştürme potansiyelleri bağlamında incelenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Birinci Alt Amaca Yönelik Bulgular

Araştırmanın birinci alt amacı kapsamında incelenen etkileşimli kamusal sanat uygulamalarının izleyicinin öğrenme sürecini nasıl deneyimsel ve duyuşsal bir boyuta taşıdığı betimsel analiz yöntemiyle incelenmiştir.

3.1.1. Michael Pinsky- *Pollution Pods* (Kirlilik Kapsülleri)

Bu kamusal sanat uygulaması ilk olarak 2017 yılında Norveç'te bulunan halka açık bir parkta sergilenmiştir (Pinsky, 2017b). Sonrasında birçok şehirde de sergilenen bu eser, aslında sanatın insanlara fiziksel olarak bir şeyler hissettirebilmesinin önemini anlatır niteliktedir.

Görsel 1. “Pollution Pods”, Michael Pinsky, Katılımcı Kamu Sanatı Yerleştirmesi, Trondheim (Norveç), 2017 (Pinsky, 2017a).



Eser; Tautra, Londra, Yeni Delhi, Pekin ve Sao Paulo olmak üzere beş bölgenin hava kalitesini simüle eden, birbirine bağlanmış beş jeodezik kubbeden oluşmaktadır (Burki, 2018:416). Ziyaretçiler kubbelerin içine sırasıyla hava kirliliği en az olan kentten en çok olan kente doğru girerek bu şehirlerin kokusunu, nemini, sıcaklığını ve kirliliğini bir nevi oradaymış gibi tüm duyu organlarıyla deneyimleyebilmektedir. Şehirlerdeki toksik gazları, katılımcıların fiziksel bir zarara uğramadan tecrübe edebileceği bir sistem oluşturulmuştur. Katılımcıların fiziksel tecrübelerinden elde edilen raporlarda Londra kubbesindeki dizel kokusunun genzi yakması ve ziyaretçileri hapsiştirme; diğer tarafta Yeni Delhi kubbesinin ise gözleri rahatsız edecek kadar sıcak ve puslu olduğu görülmektedir (Burki, 2018:416).

Bu kamusal sanat deneyiminde, kubbelerin içerisinde vakit geçiren ziyaretçilerin içeride uzun süre kalamadıkları gözlemlenmiştir (Hunt, 2018). Bu durum, hava kirliliğinin önlenmediği takdirde insan yaşamını nasıl etkileyebileceğini somut bir biçimde göstermiştir. Avrupa'da gerçekleştirilen sergilerde ziyaretçiler, hava kalitesinin uygun olmadığı şehirlerde yaşayan insanların maruz kaldığı kaçınılmaz ve boğucu hava kalitesini deneyimleyerek, bu koşullarda yaşamının nasıl bir durum olduğunu direkt olarak tatma fırsatı bulmuşlardır.

Sommer vd. (2019) tarafından yürütülen araştırmada, eseri deneyimleyen 2.662 ziyaretçinin verileri ortaya konmuştur. Pollution Pods'u deneyimlemiş bireylerin çevresel sorunlara yönelik eylem niyetlerinin arttığı; üzüntü,

çaresizlik, öfke gibi duyguların ortaya çıkarak farkındalık ve sorumluluk bilincine dair bir fitil ateşlediği belirlenmiştir. Dolayısıyla eserin yarattığı fiziksel rahatsızlığın duyuşsal öğrenmeyi ortaya çıkararak bireylerin olayları küresel bir sistem içerisinde yeniden değerlendirmesine yol açtığı söylenebilir. Çevre sanatının da amaçlarından olan, “bireyin eylemlerinin kendi çevresi ve küresel çevredeki yansımalarını görmesi” bu eylemlerin sonuçları arasında psikolojik ve duygusal bir bağ kurmasını sağlamaktadır. Deneyimsel ve duyuşsal öğrenmenin getirisi olarak insanların eseri deneyimlemesinin ardından iklim değişikliğini uzak bir gelecekteymiş gibi görmekteyken anlık bir şok yaşayarak bunun gerçek bir tehdit olmasıyla karşılaşmıştır.

3.1.2. Rafael Lozano-Hemmer – Border Tuner (Sınır Akortçusu)

Amerika Birleşik Devletleri’nin El Paso (Teksas) şehri ve Meksika’nın Ciudad Juárez şehirleri coğrafi ve tarihsel olarak eskilerde kardeş kent olarak görülmekteydi. Fakat 2006 yılında çıkarılan Secure Fence Act yasası ve sınır güvenliği politikaları doğrultusunda inşa edilen bu iki şehir arasındaki tarihsel ve sosyal birlikteliği kısıtlamıştır (Erb, 2009: 98–126). Buna sebebiyet veren konuların arasında sertleşen göç politikaları, sınır güvenliği endişeleri ve ulus-devlet ideolojileri bulunmaktadır. Bu izolasyonun sonucunda ise kültürel, ekonomik ve akrabalık bağları gibi birçok konuda insanlar arasında bir iletişimsizlik engeli oluşmuştur. Tarih böyle seyrederken Rafael Lozano-Hemmer 2019 yılında bu büyük ölçekli sanat uygulamasını ortaya koymuş ve sınırın iki yakasını birbirine bağlayarak bir iletişim ağı oluşturmuştur (Lozano-Hemmer, 2019).

Eserde El Paso ve Juárez içinde bulunan üçer istasyon yer almaktadır. Bu istasyonlardaki katılımcıların kendilerinin yönlendirebileceği bir çark sistemi bulunmaktadır. İnsanlar yönlendirme çarklarını çevirerek gökyüzündeki ışık hüzmelerini yönlendirmektedir. İki ışık hüzmesi havada kesiştiğinde sistem otomatik olarak iki istasyon arasında canlı, anlık ve çift yönlü ışık ve ses kanalı bağlantısını sağlayarak sınır ötesi iletişimi başlatmaktadır. İletişim esnasında katılımcıların sesinin şiddeti, gökyüzüne yansıyan ışık köprüsünün parlaklığını artırıp azaltarak mors alfabesi benzeri bir yanıp sönme efekti ile senkron işlemektedir (Lozano-Hemmer, 2019).

Görsel 2. "Border Tuner", Rafael Lozano-Hemmer, Katılımcı Kamu Sanatı Yerleştirilmesi, Bowie High-School (El Paso, ABD) / Parque Chamizal (Ciudad Juárez, Meksika), Relational Architecture 23, 2019, Proje Görüntüleri (Lozano-Hemmer, 2019).



Eserin eğitsel potansiyeline odaklanıldığında sınır politikalarının bireylerde yaratmaya çalıştığı “öteki” algısını duyular ve direkt temas aracılığıyla yıkması eserin güçlü bir duyuşsal öğrenme çıktısı sağladığı söylenebilir. Uzun zamandır sınırın iki ucunda bulunan halkın birbiriyle spontane bir diyaloga girememesi insanlarda derin bir iletişim açlığı yaratmıştır (Kramer Canhim, 2026). Yıllardır birbirleri için “tehlikeli” ve “yabancı” olarak kodlanmış insanlar, insani bir temas kurma ihtiyacını bu eser yoluyla karşılama fırsatı bulmuşlardır (Erb, 2009: 98–126). Kimi zaman planlı diyaloglar kurulmuş; bunlara şairler, müzisyenler, tarihçiler eşlik etmiş kimi zaman da gündelik haliyle konuşmalar yapılarak aslında ortak varoluşa dair kültürlerarası bir etkileşim kurulmuştur. Pratiğin uygulandığı süre boyunca geçen tüm diyaloglar ve performanslar belgelenerek projenin web sitesinde bir arşiv haline getirilmiş ve zamansız bir hafıza olarak hala erişilebilmektedir.

3.1.3. Daily tous les jours- 21 Swings/21 Balançoire (21 Salıncak)

21 Swings isimli interaktif kamusal alan projesi, Kanada merkezli bir tasarım kolektifi olan Daily tous les jours tarafından 2011 yılında Montreal’in Quartier des spectacles bölgesinde hayata geçirilmiştir. Kentsel alanda bulunan bu 21 salıncak form bakımından standart bir kent mobilyası görüntüsüne sahiptir, fakat bu aslında bir kamufraj olarak işlev görmektedir. İnsanlar salıncığa bindiklerinde salınım hareketlerinin bir sese ve renge dönüştüğünü deneyimlediğinde merak duyarak etkileşim kurmaya devam etmişlerdir. Her salınım, piyano, gitar, arp vb. gibi

çeşitli enstrümanların tınlarını ortaya çıkarmaktadır. Farklı renkler de hangi enstrümanın çalındığını göstererek katılımcıları farklı salıncakları denemeye teşvik etmektedir (Daily tous les jours, 2011). Esere eğitsel açıdan bakıldığında, bireyler yanındaki bir başka insanın hızına ve ritmine ayak uydurmak için kendi beden hareketini değiştirmekte ve sözsüz iletişim yoluyla öğrenmeyi motor-duyusal bir eylemle gerçekleştirmektedir. Projede senfonik, uyumlu ve estetik bir melodiyi ortaya çıkarabilmenin yolu birden fazla kişinin senkronize şekilde sallanmasıyla sağlanmaktadır. Bu mekanizma, iş birliğinin bedensel eylem aracılığıyla deneyimlenmesine olanak vermektedir.

Görsel 3. 21 Balançoires (21 Swings), Daily tous les jours, Quartier des spectacles, Montreal, Kanada, 2011 (Daily tous les jours, 2011).



Özellikle yetişkinlerin kamusal alandaki resmiyetini ve sosyal bariyerlerini kırmak için çocukluk nostaljisi ile oyuncağı hale gelen güçlü duyuşsal tetikleyiciler kullanılması; aidiyet, neşe ve şaşkınlık gibi pozitif duyuşsal reaksiyonlar ortaya çıkarmıştır (McLelland, 2023: 1–8). Katılımcılar eylemlerinin kolektif bir grupla birleştiğinde çok daha güzel sonuçlar doğurduğunu, sokakta tüm bedenleriyle müzik yapmış gibi hissettiklerini dile getirmişlerdir. Bunların yanında şehri yeniden canlandırmaya yönelik yapılandırılmış olan bir enstalasyon olduğundan, katılımcılar şehirlerinin gururunu yaşadıklarını defalarca belirtmişlerdir (Daily tous les jours, 2011).

3.2. İkinci Alt Amaca Yönelik Bulgular

Araştırmanın ikinci alt amacı doğrultusunda, kamusal alandaki etkileşimli sanat uygulamalarının okul dışı eğitim içeriklerine nasıl dönüşebileceği incelenmiştir.

3.2.1. Kamusal Mekânın Öğrenme Ortamı Olarak Kullanılması

İncelenen kamusal sanat örneklerinde öğrenme ortamının galeri, müze, okul gibi belirlenmiş eğitim ortamlarından sıyrılıp; kamusal kullanıma açık, halkın her kesiminin erişebileceği bir mekânda sunulduğu görülmektedir. Bu eserlerin nerede ve nasıl bir öğrenme ortamı sunduğuna dair ortak çıkarım yapıldığında ise her eser için geçerli olan şu bulgular ortaya konmuştur:

Eserler tek tip bir sanat formundan uzakta ve sergilenme yöntemi de klasik olandan farklı görünmektedir. Tamamı sanat galerisinin dışında bulunmaktadır. Bu sergileme biçimi, katılımcıdan sanatı ve etkileşimi deneyimleyebilmek için özel bir çaba ya da motivasyon talep etmemektedir. Örneklerin tamamında eser, gündelik yaşama eklenmiştir. Böyle erişilebilir bir formda sunulan eseri görüp merak eden, rastgele karşılaşılan ya da anlam vermeye çalışan insanlar, potansiyel bir katılımcı olmaya itilmiştir. Üstelik katılım için özel sanatsal bir bilgi birikimi gerektirmemektedir. Nihayetinde fiziksel mekân katılımcıların ve izleyenlerin eylemlerine göre yeniden işlev kazanmaktadır.

Eserlerin etkileşim türlerine ve ortaya konulan öğrenme içeriğine bakıldığında eserler şu şekilde sınıflandırılabilir:

Tablo 1. Eserlerin Etkileşim Biçimleri ve Ortaya Çıkan Öğrenme İçerikleri

Eser	Etkileşim biçimi	Ortaya çıkan öğrenme içeriği
Pollution Pods	Duyusal/bedensel	Hava kirliliği, çevresel sonuçlar, kişisel sorumluluk
Border Tuner	Karşılıklı iletişim	Dinleme, karşılaşma, sınır ve “öteki” anlatılarının sorgulanması
21 Swings	Eşzamanlı bedensel hareket	İş birliği, koordinasyon, dinleme

Görüldüğü üzere öğrenme içeriğinin sadece sözel veya görsel bilgi aktarımı biçiminde sunulmadığı; katılımcının gerçekleştirdiği eylemin kendisinin öğrenme sürecinin taşıyıcısı hâline geldiği ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, incelenen etkileşimli kamusal sanat uygulamalarında kamusal mekânın erişilebilirliği, gündelik yaşama eklenmesi ve katılımcının eylemini merkeze alması; öğrenme içeriğinin bedensel deneyim, karşılıklı iletişim ve ortak eylem yoluyla ortaya çıkmasına olanak veren ortak bir özellik olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ

Bu araştırmanın sonucunda, etkileşimli kamusal sanat uygulamalarının öğrenme deneyimini doğrudan katılım ve deneyim yoluyla şekillendirdiği ortaya koyulmuştur. *Pollution Pods* örneğinde ekolojik bilginin doğrudan beden hayatta kalma refleksleri üzerinden öğrenildiği görülmektedir. Bir kentin içinde başka kentleri tatmanın, normları alt üst edip hava kirliliğinin vahametini bedensel hafızaya kazıyarak bir deneyimsel öğrenme pratiği sunduğu söylenebilir. *Border Tuner* uygulamasında fiziksel olarak ayrılmış iki alan arasında kurulan canlı iletişim, karşılaşma ve diyalog deneyimini öne çıkarmaktadır. *21 Swings* ise bireysel bedensel hareketlerin diğer katılımcıların hareketleriyle eşzamanlı hâle gelmesi üzerinden iş birliği ve koordinasyona dayalı bir deneyim oluşturmaktadır. Bu örnekler birlikte değerlendirildiğinde, etkileşimli kamusal sanatın katılımcının gerçekleştirdiği eylemi, anlamın ve deneyimin oluşumunda belirleyici bir unsur hâline getirdiği görülmüştür.

Duyuşsal boyutta ise sanat eserinin katılımcıyı gündelik yaşamda karşılaşmadığı ya da soyut düzeyde değerlendirdiği olgularla direkt olarak ilişkiye soktuğu belirlenmiştir. *Pollution Pods* çevresel sorunları fiziksel rahatsızlık ve duygusal tepki üzerinden deneyimlenebilir hâle getirmişken, *Border Tuner* sınır çizilerek ayrılmış topluluklar arasında doğrudan iletişim kurulmasına imkân tanımıştır. *21 Swings* ise ortak eylem, oyun ve müzikle sosyal bir deneyim oluşturmıştır. Esas itibarıyla incelenen örneklerde duyuşsal boyut, öğrenme içeriğinden bağımsız bir unsur olarak değil, katılımcının konuya ilişkin deneyim kurma yapısının bir parçası olarak ortaya çıkmıştır.

Etkileşimli kamusal sanat uygulamalarının öğrenme ortamı ve içeriği oluşturmada ise kamusal mekânın belirleyici bir unsur olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen uygulamaların galeri, müze veya okul gibi belirlenmiş eğitim ortamlarının dışında, günlük hayatın devam ettiği ve farklı cinsiyette, yaşta, farklı demografik yapılardan kullanıcıların erişimine açık alanlarda gerçekleştirilmesi, sanat eserini özel olarak sanat deneyimi yaşamaya yönelmemiş bireylerin karşılaşabileceği bir konuma taşımaktadır. Yanı sıra, eserlerin mekân içindeki kurguları, katılımcının hareketini, iletişimini ve diğer katılımcılarla kurduğu etkileşimi biçimlendirmektedir. Bu da kamusal mekânın işlevini eserin sergilendiği bir arka plan olarak sınırlamadan, öğrenme deneyiminin gerçekleşme koşullarını oluşturan bir unsur haline getirmektedir.

Araştırmanın neticesinde, etkileşimli kamusal sanat uygulamalarındaki eğitsel potansiyel; eser, katılımcı ve kamusal mekân arasındaki etkileşimin bir arada oluşturduğu deneyim kapsamında ortaya çıkmaktadır. Katılımcının esere hem fiziksel hem zihinsel bakımdan dâhil olması, diğer insanlarla ilişki kurması ve rastlantısal olarak kentin ortasında belirli bir konuya ilişkin deneyim yaşaması, öğrenme sürecini formal eğitim ortamlarının dışında gerçekleşen bir yapıya taşımaktadır.

Sonuçlar kamusal pedagoji kavramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, incelenen sanat uygulamalarının okul dışında gerçekleşen öğrenme süreçlerinin somut örneklerini oluşturduğu görülmektedir. Kamusal pedagoji, öğrenmenin yalnızca formal eğitim kurumları içerisinde gerçekleşmediğini; gündelik yaşam, kültürel alanlar ve kamusal mekânların da bireylerin dünyayı anlamlandırma süreçlerinde pedagojik işlev üstlenebileceğini ortaya koymaktadır. İncelenen örneklerde de bahsi geçen pedagojik işlev, kamusal mekânın sanat aracılığıyla yapılandırılması ve katılımcının eyleme direkt dâhil edilmesiyle görünür hâle gelmektedir.

Sonuç olarak, araştırmada incelenen etkileşimli kamusal sanat uygulamalarının kamusal mekânı deneyimsel öğrenme ortamına, katılımcı eylemini öğrenme sürecinin taşıyıcısına ve sanatsal etkileşimi ise öğrenme içeriğinin oluşumunda etkili bir araca dönüştüren bir yapı sergilediği sonucuna varılmıştır. Bir başka deyişle etkileşimli

kamusal sanat, eğitim ile gündelik yaşam arasındaki bağın yeniden düşünülmesine olanak veren ve kamusal pedagoji bağlamında değerlendirilebilecek bir öğrenme pratiği olarak ortaya çıkmaktadır.

5. ÖNERİLER

Sanat eğitimi; okul, sınıf ve müze ile sınırlandırılmadan parklar, meydanlar ve yaya alanları gibi kamusal mekânları aktif öğrenme ortamları olarak değerlendirmelidir. Öğrenciler kamusal sanat uygulamalarını pasif biçimde gözlemlemek yerine doğru şekilde yönlendirilerek; hareket, ses, iş birliği ve mekânsal keşif yoluyla eserin işleyişine doğrudan katılmaya teşvik edilmelidir. Ayrıca eğitim süreçleri salt bilgi aktarımından ziyade deneyime dayandırılmalıdır. Görsel sanatlar eğitimi çevre, sosyoloji, müzik ve yurttaşlık gibi çeşitli alanlarla disiplinlerarası bir formatta planlanabilir. Eğitimcilerin kamusal alanda tasarlayacakları etkinliklerde mekân; erişilebilirliği, kapsayıcılığı ve günlük hayatla kurduğu ilişki bağlamında öğrenmeyi biçimlendiren temel bir unsur olarak ele alınmalıdır.

Öğretmen yetiştirme programlarında “kamusal pedagoji” ve “okul dışı öğrenme” konularına daha fazla yer verilerek, öğretmen adaylarının sanatın okul dışındaki işlevleri üzerine kuramsal ve uygulamalı deneyim kazanmaları desteklenebilir. Bununla beraber okullar, yerel yönetimler, sanatçılar ve kültür kurumları/dernekleri arasında iş birlikleri geliştirilip yaşanan çevrenin sorunlarına yönelik öğrencilerin kendi katılımcı sanat projelerini tasarlamaları ve üretmeleri sağlanabilir. Eğitim süreçlerinin değerlendirmesinde ise yalnızca ortaya çıkan sanatsal ürüne değil; öğrencinin mekânı kullanma biçimine, diğer katılımcılarla kurduğu ilişkiye ve süreç içindeki yansıtıcı düşüncelerine (günlükler, gözlemler, görüşmeler vb.) odaklanılmalıdır. Sanat eğitimi, estetik beceri kazandırmakla beraber öğrencilerin kamusal yaşamın ne demek olduğunu öğrenmesi, yabancılarla ve farklılıklarla karşılaşması, iletişim kurma becerisi kazanması ve bir arada yaşama kültürünü deneyimlemesi açısından aracı olarak konumlandırılabilir.

Araştırmacılar içinse, gelecekte üretilecek çalışmalarda doğrudan katılımcılarla (gözlem, odak grup, görüşme vb.) ampirik saha araştırmaları yapılabilir. Ülkemizde ya da farklı kültürel yapılarda ve ülkelerde gerçekleştirilen etkileşimli sanat pratikleri karşılaştırmalı olarak incelenebilir; kamusal sanat ile informal/deneyimsel öğrenme arasındaki teorik bağlantılar analiz edilebilir.

KAYNAKÇA

BISHOP, C. (2005). *Installation Art: A Critical History*, Tate Publishing, London.

BURKI, T. (2018). “Modern Art Stinks”, *The Lancet Respiratory Medicine*, 2018 (6): 416.

BÜYÜKÖZTÜRK, Ş., KILIÇ ÇAKMAK, E., ERKAN AKGÜN, Ö., KARADENİZ, Ş. ve DEMİREL, F. (2017) *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.

CRESWELL, J. W. (2013) *Nitel Araştırma Yöntemleri: Beş Yaklaşım Göre Nitel Araştırma ve Araştırma Deseni* (1. Baskı), Siyasal Kitabevi, Ankara.

DAILY TOUS LES JOURS (2011). “21 Swings”, <https://www.dailytouslesjours.com/en/work/21-swings>, 01.10.2026.

ENGİN, F. (2020). “Sivil Eylem Pratiklerinin Anıt Bağlamında İrdelenmesi”, *Çeşm-i Cihan: Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi E-Dergisi*, 2020 (2): 59-81. <https://doi.org/10.30804/cesmicihan.820992>

ERB, C. (2009). “Hardened Borders: A Case Study on Inefficient Solutions to the Immigration Problem in El Paso”, *Aspeers: Emerging Voices in American Studies*, 2009 (2): 98-126. <https://doi.org/10.54465/aspeers.02-11>.

ERTÜRK, S. (1972) *Eğitimde Program Geliştirme*, Yelkentepe Yayınları, Ankara.

GIROUX, H. A. (2004). “Cultural Studies, Public Pedagogy, and the Responsibility of Intellectuals”, *Communication and Critical/Cultural Studies*, 2004 (1): 59-79. <http://dx.doi.org/10.1080/1479142042000180926>

HUNT, E. (2018). “Pollution Pods Let You Sample Smog of Beijing and Delhi in London”, *The Guardian*, 20 Nisan, <https://www.theguardian.com/cities/2018/apr/20/pollution-pods-let-you-sample-smog-beijing-and-delhi-air-london-somerset-house-michael-pinsky>, 04.10.2026.

- KRAMER CANHIM, P. H. (2026). "Border Crosser: Hybridity, Cultural Diffusion, and the Porous Boundaries in Rafael Lozano-Hemmer's Artworks", <https://sites.harvard.edu/harvard-undergraduate-art-history-journal/border-crosser-hybridity-cultural-diffusion-and-the-porous-boundaries-in-rafael-lozano-hemmers-artworks/>, 03.10.2026.
- LOZANO-HEMMER, R. (2019). "Border Tuner / Sintonizador Fronterizo", https://www.lozano-hemmer.com/border_tuner_sintonizador_fronterizo.php, 04.10.2026.
- MCLELLAND, P. (2023). "Mixity: Fostering Play in the Urban Sphere", *Intonations*, 2(1), 1–8, 2023. <https://doi.org/10.29173/inton76>.
- PINSKY, M. (2017a). "Pollution Pods", <https://www.michaelpinsky.com/portfolio/pollution-pods-2/>, 27.09.2026.
- PINSKY, M. (2017b). "Pollution Pods Tour", <https://www.michaelpinsky.com/pollution-pods-tour/>, 01.10.2026.
- SANDLIN, J. A., O'MALLEY, M. P. ve BURDICK, J. (2011). "Mapping the Complexity of Public Pedagogy Scholarship: 1894–2010", *Review of Educational Research*, 2011 (3): 338-375. <https://doi.org/10.3102/0034654311413395>
- SCHUBERT, W. H. (2010). "Outside Curricula and Public Pedagogy", s. 10-19, (Ed.) SANDLIN, J. A., SCHULTZ, B. D. ve BURDICK, J., *Handbook of Public Pedagogy: Education and Learning Beyond Schooling*, New York: Routledge.
- SOMMER, L. K., SWIM, J., KELLER, A. ve KLÖCKNER, C. (2019). "Pollution Pods": The Merging of Art and Psychology to Engage the Public in Climate Change", *Global Environmental Change*, 2019 (59): 101992. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101992>.

ORCID: 0000-0001-7488-365X

KOBİ'LERDE STRATEJİK ÖNCELİKLENDİRME VE YEŞİL DÖNÜŞÜM: KAYNAK KISITLARI ALTINDA BİR KAVRAMSAL MODEL

Dr. Öğr. Üyesi Yunus FURUNCU^{*1}¹ Kocaeli Üniversitesi* Corresponding Author: Yunus FURUNCU
yunus.furuncu@kocaeli.edu.tr

1. INTRODUCTION

Green investments compete for the resources that SMEs need to maintain operations. Financing conditions constrain transformation (OECD, 2024), while limited expertise and time coexist with motives such as cost reduction and customer expectations (Hillary, 2004; Revell et al., 2010). Existing studies offer SME implementation frameworks and training-based pilots (Dey et al., 2022; Maher et al., 2023). The question addressed here is how SMEs can prioritize green projects when an environmentally important option is not ready for implementation.

Green transformation refers to changes in processes, products, or business models intended to reduce environmental burdens. Strategic prioritization means comparing and revising alternatives against explicit objectives and resource constraints. The contribution is a decision architecture that distinguishes among a non-compensable compliance boundary, strategic priority, and implementation readiness. It retains important but unfinished projects on a resource development agenda. Andersén (2023) already links green resource orchestration with dynamic capabilities; combining these perspectives is therefore not presented as a new theoretical connection. The analysis concerns one firm's investment decisions, not national or regional transformation outcomes.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

2.1. Environmental Strategy and Resource Management

The resource-based view relates competitive advantage to resources and their use (Barney, 1991). The natural-resource-based view incorporates pollution prevention, product stewardship, and sustainable development (Hart, 1995; Hart & Dowell, 2011). Resource and contextual contingencies limit any assumption that green investments necessarily generate financial returns (Russo & Fouts, 1997; Aragón-Correa & Sharma, 2003). This perspective identifies the environmental problem a project addresses but cannot, on its own, determine which investment should take precedence.

Dynamic capabilities concern integrating and reconfiguring resources as conditions change (Teece et al., 1997; Eisenhardt & Martin, 2000); sensing, seizing, and transforming support opportunity evaluation and revision (Teece, 2007). Resource orchestration explains structuring, bundling, and leveraging resources for implementation (Sirmon et al., 2007, 2011). Allocation over time matters under resource constraints (Lee & Kim, 2021), and green resource orchestration addresses economic and environmental value together (Andersén, 2023). Recent SME research connects green process innovation and financial performance through resource orchestration (Appiah et al., 2025). Financial benefits nevertheless remain distinct from measured environmental outcomes.

2.2. SME Context and Green Investment Choices

Projects may involve process efficiency, product design, or business model change (Bocken et al., 2014, 2016; Schaltegger et al., 2016). Circularity alone does not establish lower overall environmental burdens (Geissdoerfer et al., 2017). SME innovation and circular practices face organizational, financial, and collaborative barriers (Bos-Brouwers, 2010; Rizos et al., 2016), which should be evaluated separately rather than reduced to one budget indicator (Mishra et al., 2022). Bricolage and affordable loss can explain limited experiments (Baker & Nelson, 2005; Sarasvathy, 2001), but do not justify postponing mandatory obligations.

Environmental responses reflect external demands, managerial interpretation, and different competitiveness, responsibility, and legitimacy motives (Delmas & Toffel, 2008; Oliver, 1991; Bansal & Roth, 2000). In SMEs, owner-manager time, multiple staff responsibilities, and assessment costs can limit formal evaluation (Hillary, 2004; Bos-Brouwers, 2010). Record-keeping should therefore scale with risk and complexity. Supply-chain collaboration and cluster conditions may change available resources and strategies (Carissimi et al., 2023; Ferasso et al., 2024). Table 1 compares research emphases without claiming that the distinctions it presents are unprecedented.

Table 1. Comparison With Related Literature

Approach	Established Emphasis	Decision Distinction Here
Green resource orchestration Andersén (2023)	Resource processes and dynamic capabilities	Compliance boundary and separate priority and readiness records
SME frameworks Dey et al. (2022); Maher et al. (2023)	Circular adoption and transformation support	Separate project value from immediate startability
Business model experiments Bocken et al. (2021); Das et al. (2022)	Learning and environmental assessment	Pilot information informs allocation; completion differs from outcomes

3. METHOD

This conceptual paper uses theory synthesis (Jaakkola, 2020) based on purposively selected literature. Foundational strategy studies explain mechanisms; SME studies identify contextual limits; business model research defines project scope; methodological work informs conceptual design. Recent research was selected for its direct relevance to resource constraints, allocation, pilot learning, and environmental assessment. The number of sources does not imply saturation or comprehensive coverage. Bibliographic records were checked against publisher and university records. Without a predefined database search and screening protocol, the study is not a systematic review or meta-analysis (Snyder, 2019).

The analysis separates concepts, compares prior approaches, maps complementary mechanisms, and derives conditional propositions. Organizational learning supports the three principal perspectives by explaining how pilot information is absorbed and applied (Cohen & Levinthal, 1990; March, 1991; Bocken et al., 2021). It is not introduced as a fourth general theory. Table 2 summarizes this synthesis. Compliance is a normative scope condition, not a theorem of the natural-resource-based view. No empirical data were collected; the propositions and illustrative scenarios are untested.

Table 2. Theoretical Foundations and Model Components

Foundation	Mechanism	Component and Proposition
Natural-resource-based view Hart (1995); Hart & Dowell (2011)	Environmental burdens inform objectives	Environmental contribution and alignment; P1, P4
Dynamic capabilities Teece (2007); Eisenhardt & Martin (2000)	Interpret opportunities and update choices	Review alternatives and horizons; P1, P3, P4
Resource orchestration Sirmon et al. (2011); Andersén (2023)	Structure, bundle, and leverage resources	Readiness and allocation; P2, P3
Supporting learning mechanism Cohen & Levinthal (1990); March (1991); Bocken et al. (2021)	Interpret and apply pilot information	Pilots and reallocation; P3; option-value rationale for P4

4. CONCEPTUAL MODEL AND PROPOSITIONS

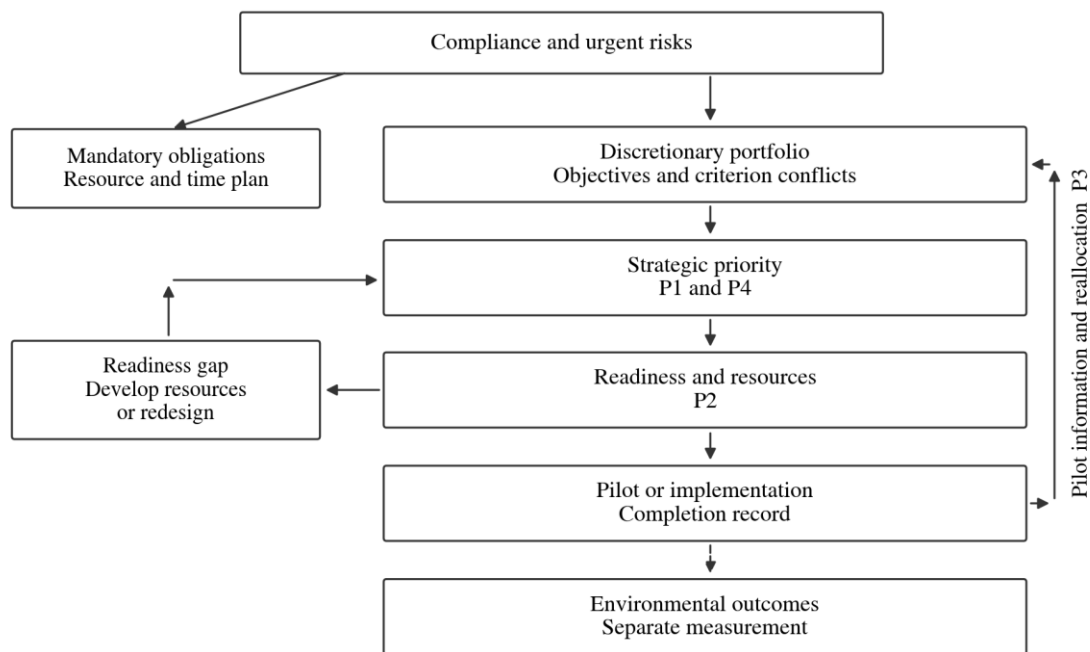
4.1. Compliance Boundary and Project Assessment

The model operates at three levels: the firm's portfolio, individual projects, and successive allocation decisions within projects. Mandatory compliance and urgent risk mitigation first define the discretionary decision space. Resource shortages do not make an obligation optional; funding or technical support may be necessary. Discretionary scheduling must not obstruct compliance. Figure 1 shows proposed decision flows rather than validated causal paths; completion and environmental success remain separate. Table 3 lists assessment criteria, not a validated scale.

Table 3. Suggested Criteria for Green Projects

Criterion	Decision Question	Assessment Input
Environmental contribution	Which burden should decrease?	Baseline energy, water, materials, and waste
Strategic fit	How does the project support strategy?	Customer, product, and process requirements
Feasibility	Can resources be supplied together?	Finance, staff time, expertise, maintenance
Learning potential	How could subsequent choices improve?	Pilot measures and transferable knowledge

Figure 1. Green Investment Decision Process in SMEs



Before evaluating alternatives, the owner-manager and technical lead record environmental objectives, strategic priorities, unacceptable harms, and minimum liquidity conditions. Outside expertise is sought for uncertain or difficult-to-reverse choices. Financial and environmental gains may coincide conditionally (Porter & van der Linde, 1995; Ambec et al., 2013); both should be monitored separately (Dyllick & Hockerts, 2002).

The assessment has two passes. First, options that meeting minimum boundaries are compared with respect to environmental contribution and strategic fit, and learning and investment dependencies are also considered. An option that is at least as good on every criterion is preferred when it adds no cost or dependencies. Conflicting criteria require an explicit explanation of the objective that is sacrificed. Second, financial resources, staff time, technical expertise, and maintenance are assessed jointly for readiness. Unready projects retain their strategic priority while resources are developed or the project is redesigned.

Ready projects are scheduled around shared staff, production shutdowns, and prerequisite investments. Monitoring may precede equipment replacement when information is required for that investment. Uncertain benefits are recorded as ranges; a preference that reverses under alternative assumptions prompts further information or a suitable pilot (Das et al., 2022). Each decision records its rationale, readiness gap, responsible person, and review date. This procedure makes choices reviewable without guaranteeing an optimal portfolio.

4.2. Staged Allocation and Testable Relationships

Reversible discretionary projects may begin with a pilot whose baseline, measurement period, success criteria, and responsible person are specified in advance. Learning requires absorption and application of information (Cohen & Levinthal, 1990), repeated experimentation (Bocken et al., 2021), and attention to exploration–exploitation balance (March, 1991; Coelho et al., 2024). Unfavourable outcomes, burden shifting, and differences between pilot and scaled conditions inform continuation, redesign, or stopping. Pilot counts alone do not demonstrate learning.

Proposition 1: Among SMEs with comparable initial capacity and data reliability, documenting objectives and conflicts among criteria before selection is positively associated with independently assessed portfolio alignment; this relationship weakens when assessment time exceeds available managerial time.

Transparency makes conflicts visible, but it may impose excessive costs. Process indicators should capture pre-decision records, and independent assessors should evaluate project contributions without seeing selection scores. Identical process and outcome ratings would obscure this distinction.

Proposition 2: Controlling for initial capacity and scope, the positive relationship between coordinated financial, technical, and human resource readiness and completion within scope and schedule is stronger when task interdependence is high.

Resource complementarity concerns coordinated use, not mere abundance. Funding cannot fully replace installation expertise or maintenance capacity. The mechanism follows orchestration and allocation over time (Sirmon et al., 2007, 2011; Andersén, 2023; Lee & Kim, 2021). Resource amounts, readiness, complexity, and completion require separate indicators.

Proposition 3: In reversible discretionary projects with measurable and transferable results, structured review of pilot information before subsequent allocation is negatively associated with later rework and avoidable resource losses; this relationship weakens as pilot and scaled conditions diverge.

Review behaviour is observed during discussions of data, negative findings, and revised assumptions. Outcomes comprise subsequent rework hours, unusable materials, and adaptation costs. Avoidability should be judged against technical benchmarks recorded before implementation. Experimentation supports the learning mechanism (Bocken et al., 2021); the directional outcome relationship remains a theoretical expectation. Irreversible projects and urgent compliance are excluded.

Proposition 4: Among SMEs with comparable liquidity pressure and candidate projects, considering future technical options and resource dependencies alongside payback is associated with a larger portfolio share of projects with high long-term environmental transformation potential, relative to payback-only selection; the difference narrows when short-payback projects also enable such transformation.

A short payback period does not imply low transformation potential. Independent technical assessment should use a common horizon, activity scenario, and uncertainty range to evaluate absolute burden reduction, dependence changes, and infrastructure lock-in (Das et al., 2022). Project-count share can serve the primary indicator, with budget share used as a sensitivity check. Speculative future benefits are not automatically preferable to liquidity-preserving gains. Table 4 separates the proposed explanatory and outcome indicators.

Table 4. Levels of Analysis and Independent Indicator Suggestions

Level	Explanatory Indicator	Separate Outcome
P1 Firm/portfolio	Pre-decision records; assessment/available time	Independent goal contribution assessment without selection scores
P2 Project	Separate readiness indicators; task interdependence	Delivery records: scope and schedule compliance
P3 Decision period	Review before allocation; pilot/scale differences	Later rework, material loss, adaptation costs
P4 Firm/portfolio	Horizon and technical option assessment	Independent transformation-potential project share

5. DISCUSSION

The model applies existing theory to a specific allocation problem: important projects can lack readiness, while readily implemented projects can have limited strategic value. Compliance boundaries, priority records, and readiness assessments jointly prevent early exclusion of valuable options. The proposed relationships explain selected decision and implementation processes, rather than all determinants of environmental success. Neither documented decisions nor completion establish environmental effectiveness.

Environmental problems create entrepreneurial opportunities (Dean & McMullen, 2007; Cohen & Winn, 2007), but capabilities develop over time (Sharma & Vredenburg, 1998). SME adoption frameworks and support programmes (Dey et al., 2022; Maher et al., 2023), together with supply-chain and cluster research (Carissimi et al., 2023; Ferasso et al., 2024), indicate that dependencies can extend beyond the firm. Partners constitute implementation conditions here rather than a separate regional outcome model.

Table 5 presents two hypothetical resource scenarios for the same manufacturing SME and its projects. Compliance resources have already been reserved; equipment replacement is assumed to address an important burden; monitoring supplies information and reusable packaging depend on return logistics. The scenarios contain neither firm data nor numerical effects. Decisions prioritize burden reduction; monitoring is prioritized only when its information is needed to prepare the replacement investment.

Table 5. Two Illustrative Resource Scenarios

Project or Decision	A Resource and Data Gaps	B Ready Resources and Reliable Data
Equipment replacement	High priority; finance and maintenance gaps	High priority; finance and maintenance ready
Energy monitoring	Limited pilot supplies missing information	Existing data sufficient; extra monitoring need not come first
Reusable packaging	Find a return-logistics partner	Check total burdens and actual reuse cycles
Implementation order	Monitoring pilot → update estimates and close gaps → suitable replacement	Replacement may start first if technical and liquidity conditions are met
Priority/readiness distinction	Delayed start does not imply low strategic value	Readiness can change timing without changing objectives

Managers can maintain proportionate portfolio records documenting rationale, resource gaps, responsibilities, and review dates. Support bodies can diagnose whether finance, expertise, or measurement constrains implementation (Mishra et al., 2022). Local environmental priorities and technology affect the assessment; managerial experience and access to experts may change its net benefit. These practical recommendations remain untested.

6. CONCLUSION

The framework separates mandatory compliance, strategic priority, readiness, completion, and environmental outcomes. It offers reasoned comparisons and staged resource development without prescribing one technology sequence. Limitations include purposive sampling, lack of empirical testing, and incomplete consideration of sectoral differences. Capacity, experience, customer pressure, and financial resources can jointly influence decisions and outcomes; selection effects and reverse causality require attention.

Future research should begin before selection and continue through implementation. P1 and P4 concern portfolios, P2 concerns projects, and P3 concerns successive decisions. Repeated projects or periods within firms are not independent observations. Longitudinal comparative cases, or multilevel analysis with sufficient data, can combine decision records, allocation documents, interviews, and independent technical measurements. Failed, deferred, and stopped projects should be included. Absolute burdens and intensity require consistent baselines, activity volumes, and boundaries. Observational comparisons alone do not establish causality.

7. REFERENCES

- AMBEC, S., COHEN, M.A., ELGIE, S. and LANOIE, P. (2013). "The Porter hypothesis at 20: Can environmental regulation enhance innovation and competitiveness?", *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1): 2–22. <https://doi.org/10.1093/leep/res016>
- ANDERSÉN, J. (2023). "Green resource orchestration: A critical appraisal of the use of resource orchestration in environmental management research, and a research agenda for future study", *Business Strategy and the Environment*, 32(8): 5506–5520. <https://doi.org/10.1002/bse.3433>
- APPIAH, L.O., ESSUMAN, D., FORSON, C.A., BOSO, N. and ANNAN, J. (2025). "Green process innovation and financial performance in small and medium-sized enterprises in a developing Country: Role of resource orchestration", *Journal of Business Research*, 189: 115210. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115210>
- ARAGÓN-CORREA, J.A. and SHARMA, S. (2003). "A contingent resource-based view of proactive corporate environmental strategy", *Academy of Management Review*, 28(1): 71–88. <https://doi.org/10.5465/amr.2003.8925233>
- BAKER, T. and NELSON, R.E. (2005). "Creating something from nothing: Resource construction through entrepreneurial bricolage", *Administrative Science Quarterly*, 50(3): 329–366. <https://doi.org/10.2189/asqu.2005.50.3.329>

- BANSAL, P. and ROTH, K. (2000). "Why companies go green: A model of ecological responsiveness", *Academy of Management Journal*, 43(4): 717–736. <https://doi.org/10.5465/1556363>
- BARNEY, J. (1991). "Firm resources and sustained competitive advantage", *Journal of Management*, 17(1): 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- BOCKEN, N.M.P., WEISSBROD, I. and ANTIKAINEN, M. (2021). "Business model experimentation for the circular economy: Definition and approaches", *Circular Economy and Sustainability*, 1(1): 49–81. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00026-z>
- BOCKEN, N.M.P., DE PAUW, I., BAKKER, C. and VAN DER GRINTEN, B. (2016). "Product design and business model strategies for a circular economy", *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5): 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- BOCKEN, N.M.P., SHORT, S.W., RANA, P. and EVANS, S. (2014). "A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes", *Journal of Cleaner Production*, 65: 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- BOS-BROUWERS, H.E.J. (2010). "Corporate sustainability and innovation in SMEs: Evidence of themes and activities in practice", *Business Strategy and the Environment*, 19(7): 417–435. <https://doi.org/10.1002/bse.652>
- CARISSIMI, M.C., CREAZZA, A., FONTANELLA PISA, M. and URBINATI, A. (2023). "Circular Economy practices enabling Circular Supply Chains: An empirical analysis of 100 SMEs in Italy", *Resources, Conservation and Recycling*, 198: 107126. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107126>
- COELHO, A., FERREIRA, J. and PROENÇA, C. (2024). "The impact of green entrepreneurial orientation on sustainability performance through the effects of green product and process innovation: The moderating role of ambidexterity", *Business Strategy and the Environment*, 33(4): 3184–3202. <https://doi.org/10.1002/bse.3648>
- COHEN, B. and WINN, M.I. (2007). "Market imperfections, opportunity and sustainable entrepreneurship", *Journal of Business Venturing*, 22(1): 29–49. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2004.12.001>
- COHEN, W.M. and LEVINTHAL, D.A. (1990). "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, 35(1): 128–152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- DAS, A., KONIETZKO, J. and BOCKEN, N. (2022). "How do companies measure and forecast environmental impacts when experimenting with circular business models?", *Sustainable Production and Consumption*, 29: 273–285. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.009>
- DEAN, T.J. and MCMULLEN, J.S. (2007). "Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action", *Journal of Business Venturing*, 22(1): 50–76. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2005.09.003>
- DELMAS, M.A. and TOFFEL, M.W. (2008). "Organizational responses to environmental demands: Opening the black box", *Strategic Management Journal*, 29(10): 1027–1055. <https://doi.org/10.1002/smj.701>
- DEY, P.K., MALESIOS, C., CHOWDHURY, S., SAHA, K., BUDHWAR, P. and DE, D. (2022). "Adoption of circular economy practices in small and medium-sized enterprises: Evidence from Europe", *International Journal of Production Economics*, 248: 108496. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108496>
- DYLLICK, T. and HOCKERTS, K. (2002). "Beyond the business case for corporate sustainability", *Business Strategy and the Environment*, 11(2): 130–141. <https://doi.org/10.1002/bse.323>
- EISENHARDT, K.M. and MARTIN, J.A. (2000). "Dynamic capabilities: What are they?", *Strategic Management Journal*, 21(10–11): 1105–1121. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<1105::AID-SMJ133>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<1105::AID-SMJ133>3.0.CO;2-E)
- FERASSO, M., BELUSSI, F. and SABBADIN, E. (2024). "Exploring circular economy strategies of SMEs in the Italian tanning cluster of Arzignano: A multilevel perspective of reactive and proactive strategies", *Journal of Cleaner Production*, 477: 143885. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143885>
- GEISSDOERFER, M., SAVAGET, P., BOCKEN, N.M.P. and HULTINK, E.J. (2017). "The circular economy – A new sustainability paradigm?", *Journal of Cleaner Production*, 143: 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- HART, S.L. and DOWELL, G. (2011). "Invited editorial: A natural-resource-based view of the firm: Fifteen years after", *Journal of Management*, 37(5): 1464–1479. <https://doi.org/10.1177/0149206310390219>
- HART, S.L. (1995). "A natural-resource-based view of the firm", *Academy of Management Review*, 20(4): 986–1014. <https://doi.org/10.5465/amr.1995.9512280033>

- HILLARY, R. (2004). "Environmental management systems and the smaller enterprise", *Journal of Cleaner Production*, 12(6): 561–569. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.08.006>
- JAAKKOLA, E. (2020). "Designing conceptual articles: Four approaches", *AMS Review*, 10(1–2): 18–26. <https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0>
- LEE, J. and KIM, S.J. (2021). "How can David orchestrate resources to enhance firm performance? A dynamic approach to coping with resource constraints", *Long Range Planning*, 54(4): 102090. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2021.102090>
- MAHER, R., YARNOLD, J. and PUSHPAMALI, N.N.C. (2023). "Circular economy 4 business: A program and framework for small-to-medium enterprises (SMEs) with three case studies", *Journal of Cleaner Production*, 412: 137114. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137114>
- MARCH, J.G. (1991). "Exploration and exploitation in organizational learning", *Organization Science*, 2(1): 71–87. <https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.71>
- MISHRA, R., SINGH, R.K. and GOVINDAN, K. (2022). "Barriers to the adoption of circular economy practices in Micro, Small and Medium Enterprises: Instrument development, measurement and validation", *Journal of Cleaner Production*, 351: 131389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131389>
- OECD (2024). *Financing SMEs and Entrepreneurs 2024: An OECD Scoreboard*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/fa521246-en>
- OLIVER, C. (1991). "Strategic responses to institutional processes", *Academy of Management Review*, 16(1): 145–179. <https://doi.org/10.5465/amr.1991.4279002>
- PORTER, M.E. and VAN DER LINDE, C. (1995). "Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9(4): 97–118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- REVELL, A., STOKES, D. and CHEN, H. (2010). "Small businesses and the environment: Turning over a new leaf?", *Business Strategy and the Environment*, 19(5): 273–288. <https://doi.org/10.1002/bse.628>
- RIZOS, V., BEHRENS, A., VAN DER GAAST, W., HOFMAN, E., IOANNOU, A., KAFYEKE, T., FLAMOS, A., RINALDI, R., PAPADELIS, S., HIRSCHNITZ-GARBERS, M. and TOPI, C. (2016). "Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers", *Sustainability*, 8(11): 1212. <https://doi.org/10.3390/su8111212>
- RUSSO, M.V. and FOUTS, P.A. (1997). "A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability", *Academy of Management Journal*, 40(3): 534–559. <https://doi.org/10.5465/257052>
- SARASVATHY, S.D. (2001). "Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency", *Academy of Management Review*, 26(2): 243–263. <https://doi.org/10.5465/amr.2001.4378020>
- SCHALTEGGER, S., HANSEN, E.G. and LÜDEKE-FREUND, F. (2016). "Business models for sustainability: Origins, present research, and future avenues", *Organization & Environment*, 29(1): 3–10. <https://doi.org/10.1177/1086026615599806>
- SHARMA, S. and VREDENBURG, H. (1998). "Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities", *Strategic Management Journal*, 19(8): 729–753. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199808\)19:8<729::AID-SMJ967>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199808)19:8<729::AID-SMJ967>3.0.CO;2-4)
- SIRMON, D.G., HITT, M.A., IRELAND, R.D. and GILBERT, B.A. (2011). "Resource orchestration to create competitive advantage: Breadth, depth, and life cycle effects", *Journal of Management*, 37(5): 1390–1412. <https://doi.org/10.1177/0149206310385695>
- SIRMON, D.G., HITT, M.A. and IRELAND, R.D. (2007). "Managing firm resources in dynamic environments to create value: Looking inside the black box", *Academy of Management Review*, 32(1): 273–292. <https://doi.org/10.5465/amr.2007.23466005>
- SNYDER, H. (2019). "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines", *Journal of Business Research*, 104: 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- TEECE, D.J. (2007). "Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance", *Strategic Management Journal*, 28(13): 1319–1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>
- TEECE, D.J., PISANO, G. and SHUEN, A. (1997). "Dynamic capabilities and strategic management", *Strategic Management Journal*, 18(7): 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)

ORCID:

HAYAT BOYU ÖĞRENEN OLARAK YETİŞKİNLERİN TEMEL YAPAY ZEKA EĞİTİMİNE BAKIŞI: BİR DURUM ÇALIŞMASI

Prof. Dr. Mehmet Akif OCAK*, Araştırmacı Bekir TURAN¹¹ Gazi Üniversitesi* Corresponding Author: Mehmet Akif OCAK
maocak@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

Günümüz bilgi toplumunda bilişim ve iletişim teknolojilerinde yaşanan baş döndürücü gelişmeler, bilginin üretim, işleme ve eskime hızını benzeri görülmemiş bir noktaya taşımıştır. Bireylerin örgün eğitim yıllarında edindikleri niteliklerin yaşam boyu mesleki ve kişisel sürdürülebilirliklerini korumada tek başına yeterli kalmaması, öğrenmenin yaşam boyu süren esnek ve dinamik bir süreç olduğunu savunan hayat boyu öğrenme yaklaşımını öne çıkarmıştır (Güleç vd., 2012; Samancı ve Ocakcı, 2017). Hayat boyu öğrenme; yaş, toplumsal statü veya eğitim durumu sınırlaması olmaksızın, bireylerin kişisel gelişimlerini desteklemek, istihdam edilebilirliklerini korumak ve toplumsal değişime uyum sağlamalarını kolaylaştırmak amacıyla yürüttükleri tüm formal, nonformal ve informal öğrenme etkinliklerini kapsayan bütüncül bir anlayıştır (European Commission, 2001; Gündoğan, 2003).

Yetişkin eğitimi ise hayat boyu öğrenme şemsiyesi altında, yetişkin bireylerin değişen ekonomik, yönetsel ve teknolojik şartlara uyum sağlamalarını, bilgi ve becerilerini sürekli güncellemelerini hedefleyen yapılandırılmış eğitim faaliyetlerini ifade eder (Kaya, 2016). Malcolm Knowles'ın yetişkin öğrenmesi (andragoji) kuramının da vurguladığı üzere yetişkinler; kendi öğrenme süreçlerini yönlendirme özerkliğine sahiptirler, zengin yaşam ve meslek deneyimlerini öğrenme kaynağı olarak sürece dahil ederler ve soyut kuramlardan ziyade doğrudan problem çözmeye ve gerçek yaşam gereksinimlerine odaklı uygulamalı öğrenme yaşantılarını tercih ederler (Knowles, 1984; McGrath, 2009).

Son yıllarda Dördüncü Sanayi Devrimi'nin en güçlü aktörü olarak öne çıkan yapay zeka ve özellikle üretken yapay zeka teknolojileri, kurumsal karar alma mekanizmalarına kadar geniş bir yelpazede dönüştürücü bir rol oynamaktadır (Akduman ve Öztürk, 2025). Yönetsel bağlamda yapay zeka, karmaşık veri setlerini analiz etme, öngörüselsimülasyonlar üretme ve rasyonel analiz olanağı sağlama yetenekleriyle yöneticileri ikame eden bir unsur değil; onların bilişsel sınırlarını genişleten tamamlayıcı bir bilişsel ortak konumundadır (Davenport ve Ronanki, 2018; Öztürk, 2025; Shrestha vd., 2019). Yöneticilerin bu teknolojileri iş yaşamlarında işlevsel kılabilmesi ise sistemlerin çalışma mantığını kavrama, araçları amaçlı ve etik biçimde kullanma ve çıktıları eleştirel süzgeçten geçirebilme yetkinliğini ifade eden yapay zeka okuryazarlığına sahip olmalarını gerektirmektedir (Long ve Magerko, 2020; Long vd., 2021).

Ancak kurumsal karar alma mekanizmalarında stratejik sorumluluklar üstlenen ileri yaş grubu yöneticiler, hızlı dijital dönüşüm karşısında belirgin bilişsel ve duygusal uyum bariyerleriyle karşılaşabilmektedirler (Cedefop, 2020; Chen vd., 2023). Bu gruptaki yetişkinler sıklıkla teknolojiye ilişkin bilinmezlik kaygısı, hata yapma korkusundan kaynaklanan öz yeterlik düşüklüğü, veri güvenliği çekinceleri ve genç kuşaklara kıyasla adaptasyon süresinin uzaması gibi engeller yaşamaktadırlar (Cedefop, 2020; Şeren, 2025). Mevcut yapay zeka eğitimlerinin genellikle genç nüfusun öğrenme alışkanlıklarına göre kurgulanması ve andragojik ilkelere yeterince duyarlı olmaması, ileri yaştaki yöneticilerin dönüşümün dışında kalması riskini doğurmaktadır (Adarkwah, 2024; Storey ve Wagner, 2024). Bu bağlamda, 20 yöneticiye yönelik olarak ADDIE modeli çerçevesinde kurgulanan 6 haftalık (12 saatlik) uygulamalı "Temel Yapay Zeka, Araçların Kullanımı ve Yapay Zeka Okuryazarlığı" eğitim programının yetişkinlerin teknoloji kabulü ve yönetsel karar süreçleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmektedir (Kan ve Şahin, 2023; Knowles, 1984).

1.1. Araştırmanın Amacı ve Alt Problemleri

Bu araştırmanın temel amacı; hayat boyu öğrenme ve yetişkin eğitimi bağlamında, ileri yaştaki 20 yöneticiye yönelik olarak kurgulanan 6 haftalık (12 saatlik) uygulamalı "Temel Yapay Zeka, Araçların Kullanımı ve Yapay Zeka Okuryazarlığı" eğitim programının katılımcıların yapay zeka teknolojilerine yönelik tutumları, öz yeterlik düzeyleri, teknoloji kabulü ve adaptasyon süreçleri ile yönetsel karar alma bakış açıları üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemektir (Adarkwah, 2024; Akduman ve Öztürk, 2025). Bu ana amaç doğrultusunda şu alt problemlere yanıt aranacaktır:

1. Katılımcıların 6 haftalık eğitsel müdahale öncesindeki yapay zeka algıları, kullanım durumları ve bu teknolojiye ilişkin taşıdıkları temel beklenti ve çekinceler nelerdir?
2. Yöneticilerin 6 haftalık eğitim süresince yapay zeka araçlarını öğrenme ve uygulama aşamalarında karşılaştıkları kolaylıklar ile bilişsel, teknik ve duygusal zorluklar nelerdir?
3. Eğitim sonrasında yöneticiler, öğrendikleri yapay zeka araçlarını yönetsel kararlarında, iş süreçlerinde veya günlük yaşamlarında hangi düzeyde ve ne şekilde işlevsel kılmaktadır?
4. Uygulanan eğitim programı, ileri yaş grubundaki yöneticilerin yapay zeka teknolojilerini kullanmaya yönelik öz yeterlik ve adaptasyon algılarında nasıl bir değişim yaratmıştır?
5. Eğitim sonrasında yöneticilerin yapay zeka kullanımıyla ilgili (etik, veri güvenliği, bilgi doğrulaması ve süreç bağımlılığı riski açılarından) taşımaya devam ettikleri kaygı ve tereddütler nelerdir?
6. İleri yaş grubundaki yetişkinlerin ve yöneticilerin yapay zekaya etkin uyum sağlayabilmesi için gelecekte tasarlanacak andragojik eğitim modellerine ilişkin katılımcı önerileri nelerdir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Bu araştırma, nitel araştırma yaklaşımına dayalı durum çalışması (case study) deseniyle tasarlanmıştır (Creswell, 2013; Yin, 2003). Durum çalışması, güncel bir olgunun veya eğitsel müdahale sürecinin sınırları belirlenmiş bir bağlamda "nasıl" ve "neden" soruları çerçevesinde derinlemesine incelenmesine olanak tanımaktadır (Karataş, 2015; Merriam, 2015). Bu çalışmada incelenen durum; 6 haftalık uygulamalı yapay zeka eğitim müdahalesine katılan ileri yaştaki 20 yöneticinin öğrenme, adaptasyon ve yönetsel dönüşüm yaşantılarıdır.

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, amaçlı örnekleme yaklaşımıyla belirlenen 6'sı kadın (%30) ve 14'ü erkek (%70) olmak üzere toplam 20 kurumsal yönetici oluşturmaktadır (Baltacı, 2018; Palinkas vd., 2015). Katılımcıların belirlenmesinde şu ölçütler esas alınmıştır: (a) kronolojik yaş ortalamasının 60 ve üzerinde olması, (b) kurumsal bir yapıda aktif yönetici/lider pozisyonunda bulunması ve (c) tasarlanan 6 haftalık (12 saatlik) "Temel Yapay Zeka, Araçların Kullanımı ve Yapay Zeka Okuryazarlığı" eğitim programını eksiksiz tamamlamış olması. Katılımcıların kimlik bilgilerini gizli tutmak amacıyla her bir katılımcı K1, K2, ..., K20 şeklinde kodlanmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

2.3. Veri Toplama Aracı ve Eğitsel Müdahale Süreci

Araştırmada veri toplama aracı olarak, araştırmacı tarafından geliştirilen ve uzman görüşleri doğrultusunda yapılandırılan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır (Baltacı, 2017; Büyüköztürk vd., 2017). Form, demografik bilgileri içeren birinci bölüm ile eğitim müdahalesinin bilişsel, duygusal ve yönetsel etkilerini değerlendiren 6 açık uçlu sorudan oluşan ikinci bölümden meydana gelmektedir. Kapsam geçerliği için yetişkin eğitimi, eğitim teknolojileri ve ölçme-değerlendirme alanından 3 uzmanın görüşü alınmıştır.

Eğitsel müdahale, ADDIE öğretim tasarımı modeli çerçevesinde 6 hafta (haftada 2 saat, toplam 12 saat) olarak kurgulanmıştır (Kan ve Şahin, 2023). Dersler %30 kuramsal akış, %50 iki kişilik akran destekli uygulamalı atölye ve %20 yansıtıcı tartışma şeklinde yürütülmüştür (Knowles, 1984; McGrath, 2009). Müfredat; yapay zekaya giriş ve bilişsel bariyerleri kırma (demystification), prompt mühendisliği, yönetsel karar destek sistemleri ve veri analitiği, görsel/sunum araçları (Gamma AI, Canva), etik/halüsinasyon yönetimi (Perplexity AI) ve nihai yönetsel vaka projelerinden oluşmaktadır (Akduman ve Öztürk, 2025; Laupichler vd., 2022). Veriler, eğitimin tamamlanmasının ardından yüz yüze ve çevrim içi ortamlarda 35-50 dakikalık birebir görüşmelerle toplanacaktır.

2.4. Verilerin Analizi

Görüşmelerden elde edilen verilerin analizinde nitel içerik analizi yöntemi benimsenecektir (Bengtsson, 2016; Miles ve Huberman, 1994). Verilerin analizi, kodlanması ve tematik olarak yapılandırılması sürecinde MAXQDA nitel veri analizi programı kullanılacaktır (Kuckartz ve Rädiker, 2019; Turan, 2025). Deşifre edilen görüşme metinleri MAXQDA programına aktarılarak açık ve eksenel kodlama süreçleri yürütülecek, görsel kod matrisleri ve tematik modeller oluşturulacaktır. Araştırmanın inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve teyit edilebilirlik boyutlarını güvence altına almak için bağımsız uzman kodlaması ve kodlayıcılar arası güvenilirlik analizleri gerçekleştirilecektir (Lincoln ve Guba, 1985; Miles ve Huberman, 1994).

3. BEKLENEN BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilecek bulguların, ileri yaştaki yöneticilerin yapay zeka teknolojilerini öğrenme dinamiklerini, yaşadıkları bilişsel ve duygusal dönüşümleri somut biçimde ortaya koyması beklenmektedir (Adarkwah, 2024; Cedefop, 2020). Bu bağlamda öne çıkması öngörülen bulgular şunlardır:

1. Eğitim öncesinde yöneticilerin yaşadığı hata yapma korkusu, teknolojik kaygı ve öz yeterlik düşüklüğünün; güvenli atölye ortamı (safe sandbox) ve sadeleştirilmiş öğretim dili sayesinde eğitim sürecinde yerini yüksek motivasyon ve öz yeterliğe bıraktığı belirlenecektir (Bandura, 1977; Laupichler vd., 2022).

2. Yöneticilerin üretken yapay zeka araçlarını (ChatGPT, Claude, Gemini, Perplexity) yönetsel yazışmalarda, veri analizinde ve stratejik senaryo değerlendirmelerinde bir "bilişsel ortak" olarak işlevsel kıldıkları tespit edilecektir (Davenport ve Ronanki, 2018; Shrestha vd., 2019).

3. Katılımcıların eğitim sonrasında da kurumsal veri gizliliği (KVKK), algoritmik halüsinasyon riski ve insan gözetimi (human-in-the-loop) gerekliliği konularında bilinçli bir etik hassasiyet taşımaya devam ettikleri ortaya konacaktır (Adelakun, 2022; Storey ve Wagner, 2024).

4. SONUÇ

Bu araştırma, kurumsal karar mekanizmalarında görev alan 60 yaş grubundaki yetişkinlerin doğru andragojik ilkeler ve yapılandırılmış bir öğretim tasarımı sunulduğunda en ileri yapay zeka araçlarını başarıyla benimseyebileceklerini ve yönetsel süreçlerine entegre edebileceklerini göstermeyi hedeflemektedir (Adarkwah, 2024; Knowles, 1984). Çalışmadan elde edilecek sonuçların; MEB Hayat Boyu Öğrenme Genel Müdürlüğü, Halk Eğitimi Merkezleri, yerel yönetimler ve kurumsal akademilere ileri yaş gruplarına yönelik andragojik yapay zeka eğitim programları, müfredatları ve etik kılavuzları geliştirme konusunda metodolojik bir şablon sunması beklenmektedir (Storey ve Wagner, 2024; Yeşilbaş Özenç ve Başaran, 2024).

KAYNAKÇA

- ADARKWAH, M. A. (2024). "Üretken Yapay Zekâ-Infused Adult Learning in the Digital Era: A Conceptual Framework for Higher Education", *Adult Learning*, 35(2): 102–115.
- ADELAKUN, A. (2022). "Artificial Intelligence in Managerial Decision Making: Ethical Implications and Leadership Trust", *Journal of Business Ethics*, 180(1): 345–360.
- AKDUMAN, G. ve ÖZTÜRK, İ. (2025). "Kurumsal Eğitimde Yapay Zeka Kullanımı: Yapay Zekalı LMS Platformu 'Infinity'", *Journal of Sustainable Educational Studies (JSES)*, (Ö4): 11–25.
- BALTACI, A. (2017). "Nitel Araştırmalarda Veri Toplama Teknikleri ve Veri Toplama Araçlarının Güvenirliliği ile Geçerliliği", *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1): 1–15.
- BALTACI, A. (2018). "Nitel Araştırmalarda Örneklem Yöntemleri ve Örneklem Hacmi Sorunsalı Üzerine Bir İnceleme", *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 231–274.
- BANDURA, A. (1977). "Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change", *Psychological Review*, 84(2): 191–215.
- BENGTTSSON, M. (2016). "How to Plan and Perform a Qualitative Study Using Content Analysis", *NursingPlus Open*, 2: 8–14.
- BÜYÜKÖZTÜRK, Ş., ÇAKMAK, E. K., AKGÜN, Ö. E., KARADENİZ, Ş. ve DEMİREL, F. (2017). *Eğitimde Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, (23. baskı), Pegem Akademi, Ankara.
- CEDEFOP (2020). *Empowering Adults Through Upskilling and Reskilling Pathways*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- CHEN, X., ZOU, D., XIE, H. ve SU, F. (2023). "Twenty-Five Years of Artificial Intelligence in Education: A Bibliometric Analysis", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(3): 340–355.
- CRESWELL, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, (3rd ed.), SAGE Publications, Thousand Oaks.
- DAVENPORT, T. H. ve RONANKI, R. (2018). "Artificial Intelligence for the Real World", *Harvard Business Review*, 96(1): 108–116.
- EUROPEAN COMMISSION (2001). *Making a European Area of Lifelong Learning a Reality*, COM(2001)

678 final, European Commission, Brussels.

- GÜLEÇ, İ., ÇELİK, S. ve DEMİRHAN, B. (2012). “Yaşam Boyu Öğrenme Nedir? Kavram ve Kapsamı Üzerine Bir Değerlendirme”, *Sakarya University Journal of Education*, 2(3): 34–48.
- GÜNDÖĞAN, N. (2003). “Avrupa Birliği'nde Yaşam Boyu Öğrenme Stratejisi ve Türkiye”, *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1): 89–104.
- KAN, A. ve ŞAHİN, M. (2023). “Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları ve Öğretim Tasarımı”, *Eğitim Teknolojileri Kuram ve Uygulama*, 13(2): 210–235.
- KARATAŞ, Z. (2015). “Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri”, *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1): 61–80.
- KAYA, H. E. (2016). *Yaşam Boyu Yetişkin Eğitimi*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- KNOWLES, M. S. (1984). *Andragogy in Action: Applying Modern Principles of Adult Learning*, Jossey-Bass, San Francisco.
- KUCKARTZ, U. ve RÄDIKER, S. (2019). *Analyzing Qualitative Data with MAXQDA: Text, Audio, and Video*, Springer, Cham.
- LAUPICHLER, M. C., ASTER, A., SCHIRCH, J. ve RAUPACH, T. (2022). “Artificial Intelligence Literacy in Higher and Adult Education: A Scoping Literature Review”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3: 100101.
- LINCOLN, Y. S. ve GUBA, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*, SAGE Publications, Newbury Park.
- LONG, D. ve MAGERKO, B. (2020). “What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations”, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ss. 1–16.
- LONG, D., BLUNT, T. ve MAGERKO, B. (2021). “Co-Designing AI Literacy Exhibits for Informal Learning Spaces”, *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(CSCW2): 1–25.
- McGRATH, V. (2009). “Reviewing the Evidence on How Adult Students Learn: An Examination of Knowles’ Model of Andragogy”, *Adult Learner: The Irish Journal of Adult and Community Education*, ss. 99–110.
- MERRIAM, S. B. (2015). *Nitel Araştırma: Desen ve Uygulama İçin Bir Rehber*, (Çev. Ed. S. Turan), Siyasal Kitabevi, Ankara.
- MILES, M. B. ve HUBERMAN, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*, (2nd ed.), SAGE Publications, Thousand Oaks.
- ÖZTÜRK, D. (2025). *Yapay Zekanın Yönetimde Karar Alma Süreçlerine Etkisi: İzmir İli Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- PALINKAS, L. A., HORWITZ, S. M., GREEN, C. A., WISDOM, J. P., DUAN, N. ve HOAGWOOD, K. (2015). “Purposeful Sampling for Qualitative Data Collection and Analysis in Mixed Method Implementation Research”, *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5): 533–544.
- SAMANCI, G. ve OCAKCI, A. F. (2017). “Hayat Boyu Öğrenme ve Yetişkin Eğitimi Bağlamında Türkiye’de Durum”, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 6(3): 112–128.
- SHRESTHA, Y. R., BEN-MENAHEN, S. M. ve VON KROGH, G. (2019). “Organizational Decision-Making in the Age of Artificial Intelligence”, *Journal of Management*, 45(7): 2419–2445.
- STOREY, V. A. ve WAGNER, R. (2024). “Ethics, AI, and Adult Education: Navigating Technology Integration in Professional Training”, *International Journal of Adult Education*, 12(1): 45–62.
- ŞEREN, A. G. (2025). *Yetişkin Eğitiminde Görev Yapan Akademisyenlerin Yapay Zekânın Yetişkin Eğitiminde Kullanılmasına Yönelik Görüşlerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bartın.
- TURAN, M. (2025). “Nitel Araştırmalarda Veri Analizi ve MAXQDA Kullanımı”, *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 13(1): 45–68.
- YEŞİLBAŞ ÖZENÇ, Y. ve BAŞARAN, R. (2024). “Yaşam Boyu Öğrenme ve Yapay Zekâ”, *Sinop Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1): 112–130.
- YILDIRIM, A. ve ŞİMŞEK, H. (2018). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, (11. baskı), Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- YIN, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods*, (3rd ed.), SAGE Publications, Thousand Oaks.

HİBRİT POZİTRON EMİSYON TOMOGRAFİ (PET-BT) ÇEKİMLERİNDE METAL ARTEFAKT AZALTMA (MAR) TEKNOLOJİSİNİN TEKNİSYEN RADYASYON MARUZİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ma.St Buse FERAH KARAMAN*¹

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi

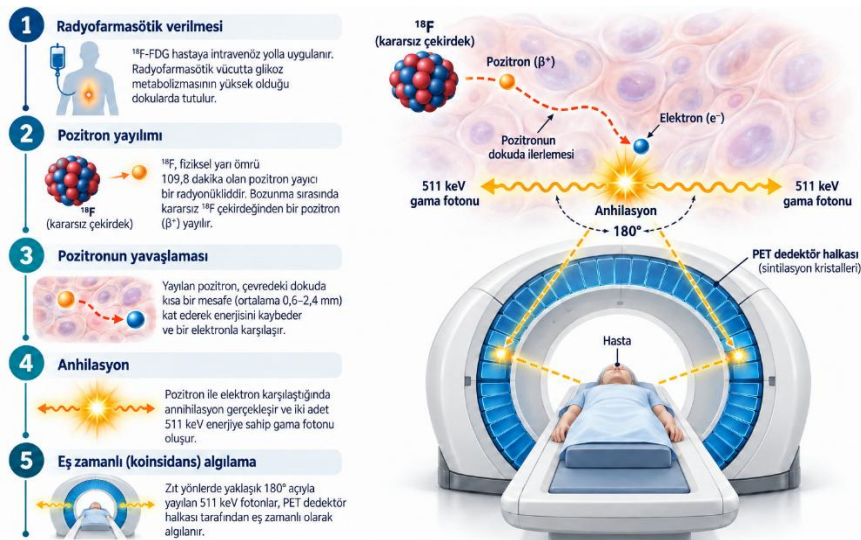
* Corresponding Author: Buse FERAH KARAMAN
23281393@stu.omu.edu.tr

1. GİRİŞ

Pozitron Emisyon Tomografisi-Bilgisayarlı Tomografi (PET-BT), nükleer tıp ve radyolojik görüntüleme alanlarında yaygın olarak kullanılan, fonksiyonel ve anatomik bilgiyi tek bir çekimde birleştiren, primer ve metastatik kanserlerin belirlenmesinde etkili olan hibrit bir görüntüleme sistemidir. PET-BT cihazı, pozitron yayıcı radyoaktif izotoplar kullanarak biyolojik süreçlerin üç boyutlu haritalarını oluştururken, aynı zamanda BT (Bilgisayarlı Tomografi) bileşeni aracılığıyla yüksek çözünürlüklü anatomik görüntüler elde eder. Bu sayede hem metabolik aktivite hem de morfolojik yapı eş zamanlı olarak değerlendirilebilir.

PET bileşeni, genellikle ¹⁸F (Flor-18) ile işaretlenmiş Florodeoksiglukoz (FDG) gibi radyoaktif izleyicilerin kullanılmasıyla, hücresel düzeyde metabolik aktiviteyi ölçer. Pozitron yayıcı radyoizotop, vücutta pozitron salınımı gerçekleştirdikten sonra bir elektrona çarpar ve bu etkileşim sonucunda 511 keV enerjili iki gama fotonu oluşur. Bu fotonlar birbirlerinin zıt yönünde yayılır ve dedektör halkaları tarafından eşzamanlı olarak algılanır. Böylece bilgisayar ortamında üç boyutlu görüntü sağlanır (Şekil 1.1).

Şekil 1.1 PET görüntüleme fiziği: ¹⁸F ve anhilasyon



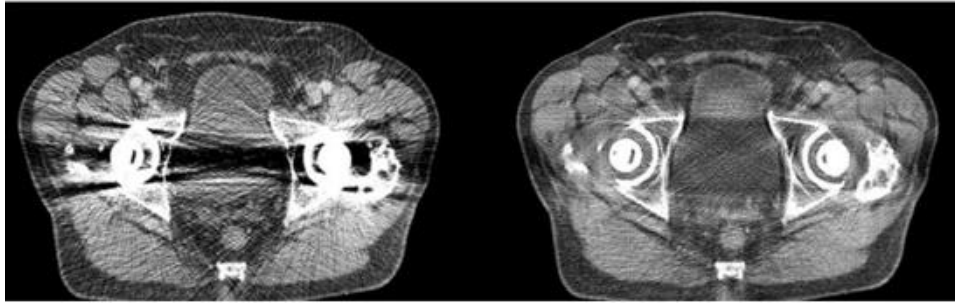
PET-BT teknolojisinin temel avantajı, tek bir çekimde hem morfolojik hem de fonksiyonel bilgi sağlayarak tanısal doğruluğu artırması, görüntüleme süresini kısaltması ve radyasyon dozunu optimize etmesidir. Ancak metalik implantlar, diş protezleri veya cerrahi materyaller gibi yüksek yoğunluklu materyaller, BT bileşeninde metal artefaktlara neden olarak PET görüntü kalitesini dolaylı yoldan etkileyebilmektedir. Bu nedenle son yıllarda, Metal Artefakt Azaltma (MAR) teknolojilerinin entegrasyonu PET-BT sistemlerinin performansını artırmada önemli bir gelişme olarak öne çıkmıştır.

Pozitron Emisyon Tomografisi-Bilgisayarlı Tomografi (PET-BT), metabolik bilgiyi BT'nin anatomik çözünürlüğüyle birleştiren hibrit bir görüntüleme yöntemidir. Onkolojik incelemelerde yaygın kullanılan sistemde BT verileri anatomik değerlendirmeye ve PET görüntülerinin atenüasyon düzeltilmesine katkı sağlar. Metal implantlar ve protezler, BT'de ışın sertleşmesi ve saçılma gibi etkilerle çizgilenme ve sinyal kaybı artefaktlarına yol açabilir; bu bozulmalar anatomik değerlendirmeyi güçleştirebilir ve atenüasyon düzeltilmesi üzerinden PET görüntülerini etkileyebilir (Van der Vos vd., 2017:1867-1872).

Metal Artefakt Azaltma (MAR) algoritmaları, metal kaynaklı bozulmaları saptayıp projeksiyon verilerinde düzeltme ve yeniden yapılandırma adımları uygulayarak görüntü artefaktlarını azaltmayı hedefler. Farklı MAR yaklaşımlarının görüntü kalitesine katkısı ve sınırlılıkları literatürde incelenmiştir (Selles vd., 2024). Bununla birlikte, görüntü rekonstrüksiyonunda kullanılan bir algoritmanın teknisyen dozunu doğrudan değiştirdiği varsayılmaz. Olası ilişki, çekim protokolü, BT parametreleri, tekrarlı çekim gereksinimi, işlem süresi ve çalışanın hasta yanında geçirdiği süre gibi etmenlerle bağlantılı olabilir.

MAR uygulanmayan polikromatik görüntülerle karşılaştırıldığında, bu yöntem BT sayısal değerlerinin daha doğru elde edilmesini ve görüntü kalitesi ile tanısal güvenin artırılmasını sağlarken, aynı zamanda protez çevresindeki yumuşak dokuların ve proteze bağlı komplikasyonların daha ayrıntılı değerlendirilmesine, kortikal kemik yapıların ve kemik-protez ayrımının daha net ortaya konulmasına ve pelvik organların daha güvenilir biçimde incelenmesine olanak tanımaktadır (Şekil 1.2)(Selles vd., 2024).

Şekil 1.2 Bilateral kalça protezi bulunan bir hastanın pelvis BT görüntüsünde, konvansiyonel rekonstrüksiyon ile O-MAR algoritması uygulanmış görüntünün karşılaştırılması



PET-BT çalışanlarının maruziyeti, radyofarmasötik hazırlama ve uygulama, hastanın pozisyonlandırılması ve görüntüleme sürecindeki farklı görevlerden etkilenebilir. Önceki çalışmalar, çalışan dozunun görev ve hasta yönetimi basamakları dikkate alınarak değerlendirilmesinin önemine işaret etmektedir (Roberts vd., 2005:44–47; Salah vd., 2024:111078; Nagamoto vd., 2024:e75052). Bu çalışmanın amacı, PET-BT çekimlerinde MAR'ın açık ve kapalı olduğu gruplarda teknisyen dozimetre değerlerini karşılaştırmak ve gözlenen farkları yöntemsel sınırlılıklar çerçevesinde değerlendirmektir.

2. YÖNTEM

Çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı PET-BT Ünitesinde yürütülmüştür. Görüntülemelerde GE Discovery IQ Gen 2 PET-BT cihazı kullanılmıştır. Örnekle, 83 MAR kullanılan hasta ve 83 MAR kullanılmayan hasta çekimi olmak üzere toplam 166 hastadan oluşmuştur. Hasta endikasyonları farklı onkolojik ve klinik incelemeleri kapsamıştır. Her iki grupta aynı sayıda hasta değerlendirilmiş; çekim öncesinde elde edilen scout görüntüsü değerlendirilerek hastada metalik implant, protez veya diğer metalik materyallerin bulunup bulunmadığı kontrol edilmiştir. Scout görüntüsünde metalik materyal saptanması durumunda, metal kaynaklı artefaktların azaltılması amacıyla MAR protokolü aktif hale getirilmiştir ve çekimlerde BT tüp akımı 50–120 mA olarak ayarlanmıştır. Metalik materyal bulunmayan hastalarda ise BT tüp akımı 150–300 mA aralığında bırakılmış, sabit çekim protokolü uygulanmıştır.

Tüm hastalara FDG'nin böbrek yoluyla atılımını arttırmak için 6 saat boyunca aç kalması, sadece su içebileceği talimatı verilmiştir. Radyofarmasötik madde intravenöz olarak uygulanmış ve her hasta uygulamadan 60. dakikada çekime alınmıştır.

Çalışmaya dahil edilen hastalar, farklı onkolojik ve klinik endikasyonlarla PET-BT incelemesine yönlendirilmiş bireylerden oluşmaktadır. Bu endikasyonlar arasında meme kanseri, akciğer kanseri, malign melanom, tiroid kanseri, rektum kanseri, böbrek kanseri, multipl miyelom, Non-Hodgkin lenfoma (NHL), Hodgkin lenfoma (HL), mide kanseri, larenks kanseri, osteosarkom, kondrosarkom, paraganglioma ve çeşitli nöroendokrin tümörler yer almaktadır. Ayrıca bazı hastalarda malignite taraması, kardiyak viabilite değerlendirmesi ve enfeksiyon odağı araştırılması amacıyla yapılan PET-BT incelemeleri de çalışmaya dahil edilmiştir.

Teknisyen maruziyeti, RADKOR tarafından sağlanan optik olarak uyarılmış lüminesans (OSL) kişisel dozimetrelerle değerlendirilmiştir. Ölçüm değişkenleri, derin doku maruziyeti için Hp(10) ve yüzeysel doku maruziyeti için Hp(0,07) kişisel doz eşdeğerleridir. Dozimetreler, sadece MAR aktif veya MAR pasif iken kullanılmış, kurşun cam arkasındaki görüntü odasında teknisyenin omuz hizasından ölçüm alınmıştır. Onun dışında dozimetreler kurşun zırhlı kabında muhafaza edilmiştir. Günlük iş akışındaki radyasyondan, teknisyenlerin hasta pozisyonlama sırasındaki maruz kaldıkları radyasyondan etkilenmemiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

MAR'lı ve MAR'sız PET-BT taramaları sırasında nükleer tıp teknisyeninin kişisel dozimetre ile ölçülen radyasyon maruziyeti Tablo 3.1' de gösterilmiştir. Hp(10) ölçümü MAR kullanılan çekim grubunda 0,20 mSv, MAR kullanılmayan grupta 0,15 mSv olarak kaydedilmiştir. MAR grubundaki ölçüm 0,05 mSv (%33,3) daha yüksektir. Hp(0,07) ölçümleri sırasıyla 0,21 mSv ve 0,13 mSv olup mutlak fark 0,08 mSv, yüzdesel fark %61,5'tir. Bu değerler ölçüm döneminde kaydedilen grup toplamalarını temsil eder; hasta başına doz veya bireysel teknisyen doz dağılımı olarak yorumlanmamalıdır. Çalışmada MAR'lı grupta iki doz eşdeğeri de daha yüksek ölçülmüştür.

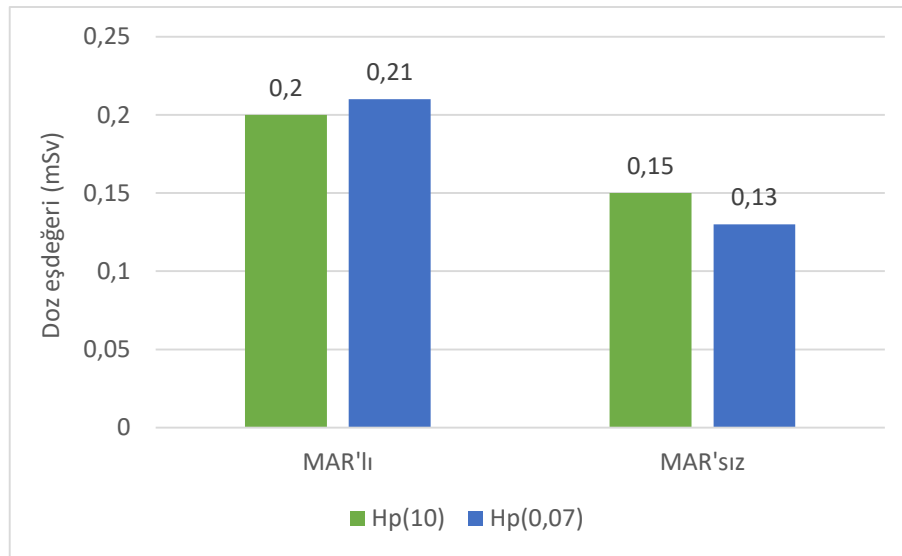
Tablo 3.1. MAR'lı ve MAR'sız gruplarda teknisyen dozimetre ölçümleri

Doz eşdeğeri	MAR'lı	MAR'sız	Mutlak fark	Yüzdesel fark
Hp(10)	0,20 mSv	0,15 mSv	+0,05 mSv	+%33,3
Hp(0,07)	0,21 mSv	0,13 mSv	+0,08 mSv	+%61,5

Not: Her grup için birer toplam dozimetre ölçümü bulunduğundan doz farkları için anlamlılık testi uygulanmamıştır.

MAR'lı ve MAR'sız çekimlerde teknisyenlerin radyasyon doz eşdeğerlerinin grafiksel karşılaştırması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Şekil 3.1 MAR'lı ve MAR'sız PET-BT çekimlerinde teknisyen radyasyon dozları



Şekil 3.1'de görüldüğü üzere, MAR'lı çekimlerde hem Hp(10) hem de Hp(0,07) değerleri MAR'sız çekimlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, MAR'lı ve MAR'sız çekimler arasında teknisyenlerin ölçülen kişisel doz eşdeğerleri açısından farklılık bulunduğunu göstermektedir.

MAR literatürünün temel odağı metal kaynaklı görüntü artefaktlarının azaltılması ve anatomik yapıların değerlendirilmesidir (Selles vd., 2024; Van der Vos vd., 2017:1867–1872). Bu çalışma ise MAR kullanılan ve kullanılmayan PET-BT iş akışlarında teknisyen maruziyetini betimsel olarak karşılaştırmaktadır. Görüntü kalitesi veya tanısal performans doğrudan ölçülmediğinden, bu sonuçlar MAR'ın görüntü kalitesi yararlarına ilişkin kanıt olarak yorumlanmamalıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 166 hastanın PET-BT çekimlerinden elde edilen verilerde MAR'lı ve MAR'sız grupların her birinde 83 hasta yer almıştır. Elde edilen bulgular, MAR teknolojisinin kullanıldığı ve kullanılmadığı PET-BT çekimlerinde teknisyen radyasyon maruziyetinin farklılık gösterebildiğini ortaya koymuştur. Teknisyen dozimetre ölçümleri MAR grubunda Hp(10) için 0,20 mSv ve Hp(0,07) için 0,21 mSv; MAR'sız grupta ise sırasıyla 0,15 mSv ve 0,13 mSv olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, çalışma koşullarında MAR teknolojisinin kullanıldığı çekimlerde teknisyenin ölçülen radyasyon maruziyetinin MAR kullanılmayan çekimlere göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda MAR teknolojisinin klinik uygulamalarda kullanımında yalnızca görüntü kalitesi değil, görüntüleme sürecinin iş akışı ve çalışan radyasyon güvenliği üzerindeki olası etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. MAR kullanılan çekimlerde teknisyen radyasyon maruziyetinin daha yüksek bulunması nedeniyle, MAR uygulamasının teknisyen dozunu azaltacağı yönünde doğrudan bir beklenti oluşturulmamalıdır.

Teknisyen radyasyon güvenliği açısından ise görüntüleme protokolünün mümkün olduğunca standartlaştırılması, hastanın çekim öncesinde uygun şekilde hazırlanması ve pozisyonlandırılması, gereksiz yeniden konumlandırmaların azaltılması ve teknisyenin radyoaktif hastanın yakınında geçirdiği sürenin mümkün olduğunca azaltılması önemlidir. Böylece MAR kullanımından bağımsız olarak teknisyenlerin radyasyon maruziyetinin **zaman, mesafe ve zırlama (korunma) ilkeleri doğrultusunda** en düşük düzeyde tutulmasına katkı sağlanacaktır. (G. Abikhzer vd., 2024)

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, teknisyen radyasyon dozunun hasta bazında ayrı ayrı ölçülmesi ve her bir hastaya ait fiziksel özellikler ile görüntüleme parametrelerinin bu doz değerleriyle eşleştirilmesi daha ayrıntılı istatistiksel değerlendirmelerin yapılmasına katkı sağlayacaktır.

Gelecekteki çalışmalarda farklı PET-BT cihazlarında ve daha geniş hasta gruplarında MAR teknolojisinin teknisyen radyasyon maruziyeti üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca hastaya uygulanan radyofarmasötik aktivite, hastanın boy uzunluğu, çekim süresi, teknisyenin hastaya yakın çalışma süresi ve yeniden konumlandırma gereksinimi gibi faktörlerin sistematik olarak kayıt altına alınması, MAR teknolojisinin teknisyen radyasyon maruziyeti üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin daha ayrıntılı biçimde ortaya konulmasını sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Abikhzer, G., Treglia, G., Pelletier-Galarneau, M., Buscombe, J., Chiti, A., Dibble, E. H., Glaudemans, A. W. J. M., Palestro, C. J., Sathekge, M., Signore, A., Jamar, F., Israel, O. and Gheysens, O. (2025). EANM/SNMMI guideline/procedure standard for [¹⁸F]FDG hybrid PET use in infection and inflammation in adults v2.0. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 52(2), 510–538.
- Nagamoto, K., Yoshizuka, N., Kawano, S. ve Nihei, S.-I. (2024). Optimizing radiation protection in PET/CT examinations: Reducing occupational exposure during patient positioning. *Cureus*, 16(12), e75052. <https://doi.org/10.7759/cureus.75052>
- Roberts, F. O., Gunawardana, D. H., Pathmaraj, K., Wallace, A., U, P. L., Mi, T., Berlangieri, S. U., O’Keefe, G. J., Rowe, C. C. ve Scott, A. M. (2005). Radiation dose to PET technologists and strategies to lower occupational exposure. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 33(1), 44–47. <https://doi.org/10.2967/jnmt.33.1.44>
- Salah, H., Sulieman, A., Alkhorayef, M., Alkhybari, E. ve Bradley, D. A. (2024). Evaluation of personal dose equivalents during positron emission tomography and computed tomography imaging. *Applied Radiation and Isotopes*, 203, 111078. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2023.111078>
- Selles, M., van Osch, J. A. C., Maas, M., Boomsma, M. F. ve Wellenberg, R. H. H. (2024). Advances in metal artifact reduction in CT images: A review of traditional and novel metal artifact reduction techniques. *European Journal of Radiology*, 170, 111276. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2023.111276>
- Van der Vos, C. S., Arens, A. I. J., Hamill, J. J., Hofmann, C., Panin, V. Y., Meeuwis, A. P. W., Visser, E. P. ve de Geus-Oei, L. F. (2017). Metal artifact reduction of CT scans to improve PET/CT. *Journal of Nuclear Medicine*, 58(11), 1867–1872.

ORCID:

OFİS CALISANLARINDA ERGONOMİ

Ma.St Mahmut SAYGIN*¹¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi* Corresponding Author: Mahmut SAYGIN
msaygin58@gmail.com

1. Giriş

Ofis işlerinin yaygınlaşması ve ekranlı araçların kullanımı; uzun süreli oturma, tekrarlayan klavye ve fare kullanımı, statik duruş ve sürekli ekrana maruz kalma gibi ergonomik riskleri önemli mesleki sağlık sorunlarına dönüştürmüştür. Ergonomik riskler yalnızca fiziksel ekipmanla sınırlı olmayıp; iş yükü, dikkat gereksinimleri, zihinsel yorgunluk, mola düzenlemeleri ve örgütsel destek gibi bilişsel ve örgütsel boyutları da kapsamaktadır.

İş yerinde hatalı duruş ve uzun süreli statik yüklenme; boyun, sırt, bel bölgesi, omuzlar ve üst uzuvları etkileyen ağrı ve fonksiyonel bozukluklarla ilişkilendirilmektedir. Literatür, ergonomik riskler ile kas-iskelet sistemi bozuklukları arasındaki bağlantıyı açıklamak üzere hem biyomekanik hem de psikososyal yaklaşımlar sunmaktadır (Armstrong ve ark., 1993; Lang ve ark., 2012). Ayrıca, hareketsiz çalışmanın sağlık üzerindeki olumsuz etkileri ve özel müdahalelere duyulan ihtiyaç sıklıkla vurgulanmaktadır (Bailey, 2021).

Sorunlar ortaya çıktıktan sonra ergonomik müdahaleler uygulamak yerine, erken risk tespiti ve sürekli izlemeye dayalı proaktif bir yaklaşım benimsemek, çalışan sağlığını korumak açısından hayati önem taşır. Bu sistematik derlemede yer alan kaynaklar; fiziksel aktivite, duruş eğitimi, ergonomik düzenlemeler ve fizyoterapi gibi müdahalelerin ağrı, fonksiyonel kapasite, yaşam kalitesi ve fiziksel uygunluk ile ilgili sonuçlarla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın özgün katkısı, fiziksel ergonomi uygulamalarını bilişsel ve örgütsel ergonomi ile bütünleşik bir yönetim çerçevesinde birleştiren bir model olan BPEYM'nin geliştirilmesidir. Model; çalışan sağlığı, iş performansı, personel memnuniyeti ve kas-iskelet sistemi bozukluklarını temel çıktılar olarak ele alırken; ergonomik farkındalık, eğitim ve teknoloji kullanımını destekleyici mekanizmalar olarak konumlandırmaktadır. Çalışma, ergonomik riskler ve önleyici uygulamalara ilişkin literatür temelli kanıtları sistematik olarak sentezlemeyi ve bu senteze dayanarak, ofis çalışanlarında akut ve kronik duruş bozukluklarını önlemeye yönelik pratik bir yönetim modeli önermeyi amaçlamaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma deseni

Çalışma, sistematik derleme ve model geliştirme temelli bir yaklaşımla yürütülmüştür. Raporlama sürecinde PRISMA 2020 protokolü kullanılmıştır. PRISMA 2020; sistematik derlemelerin gerekçesi, yöntemleri, çalışma seçimi, veri çıkarma, sentez ve sınırlılıklarının sunumunda şeffaflığı sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir çerçevedir (Page ve ark., 2021).

2.2. Literatür tarama süreci

Tarama işlemi, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi ve Google Akademik (Google Scholar) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Türkçe olarak, ergonomi, ergonomik risk, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, postür, çalışan sağlığı, ofis çalışanları, sağlık çalışanları, egzersiz, fizyoterapi ve ergonomik eğitim anahtar kelimeleri; İngilizce olarak ise bunların karşılığı olan ergonomics, ergonomic risk, musculoskeletal disorders, posture, occupational health, office workers, healthcare workers, exercise, physiotherapy ve ergonomic training terimleri kullanılmıştır. Ayrıca, tespit edilen çalışmaların kaynakçaları incelenerek ilave yayınlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

2.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterleri

Türkçe veya İngilizce yayımlanmış akademik çalışmalar; tam metin formatında erişilebilir olmaları ve ergonomik riskler, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (KSSR), postür, fiziksel egzersiz/fizyoterapi, ergonomi eğitimi, iş sağlığı veya çalışan sağlığı konularından en az biriyle doğrudan ilgili olmaları durumunda çalışmaya dahil edilmiştir. Tam

metnine erişilemeyen, konusu ilgisiz olan, yalnızca konferans bildirisi özetinden oluşan, akademik niteliği belirsiz olan ya da metodolojisi veya bulguları yetersiz düzeyde açıklanan çalışmalar ise hariç tutulmuştur.

2.4. Çalışma seçimi ve sentezi

Seçim süreci; başlıkların, özetlerin ve tam metinlerin incelenmesini kapsamış ve sonucunda 20 çalışma dahil edilmiştir. Bu çalışmaların 11'i tez, 9'u ise makale, derleme veya akademik kitap bölümü niteliğindedir. Çalışmalar T1-T11 ve M1-M9 şeklinde kodlanmıştır. Metodolojik heterojenlik nedeniyle meta-analiz yapılmamış; bunun yerine tematik karşılaştırma ve sistematik yorumlama gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1. Çalışmaların seçim ve sentez sürecinin şematik gösterimi

Aşama

Akademik kaynakların belirlenmesi ve taranması
Başlık/özet incelemesi → tam metin değerlendirmesi
Dahil etme/dışlama ölçütlerine göre seçim
Nihai sentez: 20 çalışma (11 tez + 9 makale/derleme/kitap bölümü)

2.5. Ölçüm ve veri çıkarma araçları

Çalışmalardan; yayın türü, yıl, çalışma örnekleme veya bağlamı, temel değişkenler, kullanılan ölçüm araçları ve başlıca sonuçlara ilişkin bilgiler derlenmiştir. Literatür taraması; Cornell Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları Anketi (Cornell MSD), CMDQ, ROSA, RULA, REBA, BAUA, SF-36/SF-12, DASH ve VAS gibi araçların kullanıldığını ortaya koymuştur. Ölçüm araçlarının çeşitliliği, çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapma imkânını sınırlamıştır.

Ölçüm aracı	Temel kullanım alanı	Derlemedeki rolü
CMDQ / Cornell KİS	Kas-iskelet sistemi yakınmaları	Ağrı ve bölgesel yakınmaların değerlendirilmesi
ROSA	Ofis/ekranlı iş istasyonu riski	Masa-sandalye-ekran düzeninin risk değerlendirmesi
RULA / REBA	Postür ve fiziksel yük	Postüral ve biyomekanik risklerin değerlendirilmesi
SF-36 / SF-12	Yaşam kalitesi	Ergonomik müdahalelerin genel sağlık çıktıları
DASH	Üst ekstremité işlevi	Üst ekstremité fonksiyonunun değerlendirilmesi
VAS	Ağrı şiddeti	Müdahale öncesi/sonrası ağrı değerlendirilmesi

3. Bulgular

3.1. Dahil Edilen Çalışmaların Genel Özellikleri

Özellik	Sonuç
Toplam çalışma	20
Tez	11
Makale/derleme/akademik kitap bölümü	9
Sentez yöntemi	Tematik karşılaştırma ve sistematik yorumlama
Meta-analiz	Yapılmadı
Temel temalar	Ergonomik risk, KİS yakınmaları, postür, egzersiz/fizyoterapi, ofis koşulları, sağlık/üretim çalışanları, ölçüm yöntemleri

Dahil edilen çalışmalar çeşitli sektörleri ve çalışma ortamlarını kapsamaktadır. Bu çeşitlilik, ergonomik risklerin farklı mesleklerde nasıl ortaya çıktığını gözlemlemeyi mümkün kılmış; ancak iş organizasyonu ve ölçüm araçlarındaki heterojenlik, nicel bir sentez yapılmasını güçleştirmiştir.

3.2. Ergonomik riskler ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları

Sentez çalışmaları, ergonomik riskler ile kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları arasında tutarlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. En sık etkilenen bölgeler bel, boyun, sırtın üst kısmı, omuzlar ve üst uzuvlardır. Uzun süreli statik duruşlar, yetersiz tasarlanmış iş istasyonları, tekrarlayan hareketler, yetersiz molalar ve bireysel özelliklere uygun olmayan iş ekipmanları başlıca risk faktörlerini oluşturmaktadır.

Ofis çalışanları için masa-sandalye hizası, monitör yüksekliği, klavye ve fare konumlandırması ile uzun süreli ve kesintisiz ekran başı çalışma süreçlerinin yönetimi gibi faktörler kritik öneme sahiptir. Hareketsiz çalışma alışkanlıklarının yaygınlığı ve bunlarla ilişkili sağlık etkileri, ergonomik müdahalelerin fiziksel aktivite ve aktif mola stratejileriyle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir (Bailey, 2021).

Ergonomik riskleri yalnızca biyomekanik yük bağlamında açıklamak yetersizdir. Sistemik derlemeler, işle ilgili psikososyal stres faktörlerinin de kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarıyla ilişkili olduğunu göstermiştir (Lang ve ark., 2012). Bu nedenle, BPEYM çerçevesi dahilinde bilişsel ve örgütsel ergonomi boyutlarının ayrı ayrı tanımlanması uygun görülmüştür.

3.3. Fiziksel egzersiz, fizyoterapi ve ergonomik eğitim

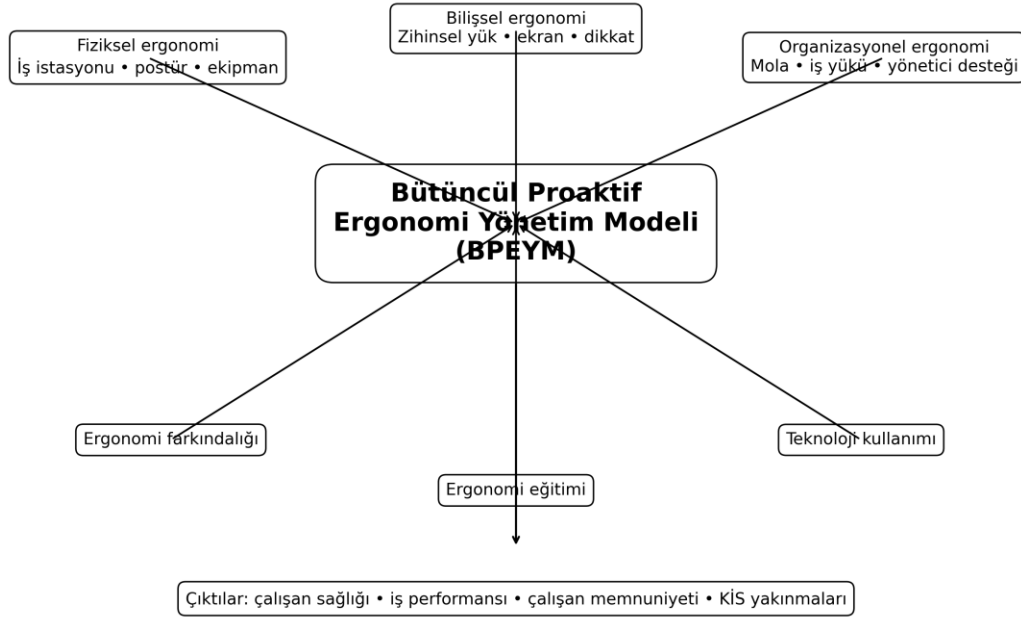
Literatür, ergonomik müdahalelerin fiziksel egzersiz ve eğitime dayalı unsurlarla desteklenmesinin önemini vurgulamaktadır. Postür ve nefes egzersizleri, Pilates, omuz stabilizasyon egzersizleri, mikro egzersizler ve aktif mola uygulamaları; ağrı, işlevsellik, postür, fiziksel uygunluk ve yaşam kalitesi gibi sonuçlar açısından değerlendirilmiştir. İş yeri fiziksel aktivite programlarına ilişkin sistematik bir derleme, bu tür yaklaşımların kas-iskelet sistemi ağrıları konusunda fayda sağlayabileceğini de ortaya koymaktadır (Moreira-Silva ve ark., 2016).

BPEYM modelinde, fiziksel egzersiz temelli yaklaşım üç aşamada yapılandırılmıştır: günlük iş akışına entegre edilen mikro egzersizler, daha yapılandırılmış orta şiddetli egzersizler ve aktif fiziksel aktivite programları. Bu yapı; statik çalışma sürelerini bölmeyi, kas gerginliğini azaltmayı ve postür farkındalığını artırmayı amaçlamaktadır.

3.4. Proaktif ve bütüncül ergonomik yönetim modeli

BPEYM modeli üç temel boyuttan oluşmaktadır: fiziksel ergonomi, bilişsel ergonomi ve örgütsel ergonomi. Ergonomik farkındalık, ergonomik eğitim ve teknoloji kullanımı, destekleyici veya aracı değişkenler işlevi görmektedir. Çalışan sağlığı, iş performansı, personel memnuniyeti ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları ise sonuç değişkenleri olarak tanımlanmıştır.

Boyut	Kapsam	Beklenen sonuç
Fiziksel ergonomi	İş istasyonu, masa-sandalye, monitör, klavye-mouse, postür, tekrarlayıcı hareket	Fiziksel zorlanma ve KİS yakınmalarında azalma
Bilişsel ergonomi	Zihinsel iş yükü, dikkat, ekran yorgunluğu, çoklu görev, insan-bilgisayar etkileşimi	İş performansında iyileşme
Organizasyonel ergonomi	Çalışma saatleri, mola düzeni, iş yükü, yönetici desteği, ergonomi kültürü	Çalışan memnuniyetinde iyileşme
Ergonomi farkındalığı	Riskleri tanıma ve doğru davranış	Koruyucu davranışların güçlenmesi
Ergonomi eğitimi	Bilgi, tutum ve davranış değişikliği	Modelin sürdürülebilirliği
Teknoloji kullanımı	Hatırlatıcılar, dijital kontrol, risk izleme	Erken uyarı ve sürekli izleme



Şekil 2. BPEYM'nin kavramsal yapısı

3.5. Korelasyon Bulguları

Değişken	Çalışan sağlığı	İş performansı	Çalışan memnuniyeti	KİS yakınmaları
Fiziksel ergonomi	0,58***	0,41***	0,39***	-0,52***
Bilişsel ergonomi	0,44***	0,55***	0,42***	-0,36***
Organizasyonel ergonomi	0,46***	0,49***	0,61***	-0,40***
Ergonomi farkındalığı	0,53***	0,47***	0,45***	-0,48***
Ergonomi eğitimi	0,42***	0,38***	0,36***	-0,34***
Teknoloji kullanımı	0,35***	0,40***	0,33***	-0,31***

*** $p < 0,001$. Korelasyon katsayıları kaynak çalışmadaki model sonuçlarına dayanmaktadır.

3.6. Çalışan Sağlığını Yordayan Regresyon Modeli

Değişken	B	SH	Beta	t	p
Sabit	0,842	0,214	—	3,934	<0,001
Fiziksel ergonomi	0,386	0,061	0,392	6,328	<0,001
Bilişsel ergonomi	0,181	0,058	0,176	3,121	0,002
Organizasyonel ergonomi	0,203	0,055	0,214	3,691	<0,001
Ergonomi farkındalığı	0,247	0,064	0,236	3,859	<0,001

Model istatistiksel olarak anlamlıdır ($R=0,704$; $R^2=0,496$; düzeltilmiş $R^2=0,486$; $F=47,921$; $p<0,001$). Bağımsız değişkenler çalışan sağlığındaki varyansın yaklaşık %49,6'sını açıklamaktadır. En güçlü standartlaştırılmış yordayıcı fiziksel ergonomidir ($Beta=0,392$).

3.7. KİS Yakınmalarını Yordayan Regresyon Modeli

Değişken	B	SH	Beta	t	p
Sabit	5,214	0,236	—	22,093	<0,001
Fiziksel ergonomi	-0,412	0,067	-0,349	-6,149	<0,001
Ergonomi farkındalığı	-0,286	0,071	-0,225	-4,028	<0,001
Ergonomi eğitimi	-0,193	0,055	-0,188	-3,509	0,001
Teknoloji kullanımı	-0,142	0,052	-0,134	-2,731	0,007

KİS yakınmalarına ilişkin model anlamlıdır ($R=0,621$; $R^2=0,386$; düzeltilmiş $R^2=0,373$; $F=30,651$; $p<0,001$). Değişkenler KİS yakınmalarındaki varyansın %38,6'sını açıklamaktadır.

4. Tartışma

Bu sistematik derleme, ergonomik risklerin çalışan sağlığı ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının (KSSR) ortaya çıkışı açısından çok boyutlu bir risk alanı oluşturduğunu göstermektedir. Bulgular, fiziksel çalışma ortamıyla ilişkili risklerin yanı sıra bilişsel ve örgütsel faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle fiziksel ergonomi, çalışan sağlığı ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki güçlü ilişki, proaktif ergonomi yönetiminde iş istasyonunun merkezi rolünün altını çizmektedir.

Fiziksel ergonominin çalışan sağlığı açısından olumlu, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları açısından ise olumsuz bir yordayıcı olması; masa-sandalye hizalaması, monitör yüksekliği ayarı, klavye ve fare yerleşimi ile statik duruşların azaltılması gibi müdahalelerin temel eylem alanlarını oluşturduğunu göstermektedir. Ancak, ergonomik müdahaleyi yalnızca ekipman değişimi meselesi olarak görmek yetersizdir; doğru davranışların zaman içinde sürdürülmesi açısından çalışanların ergonomi konusundaki farkındalığı ve eğitim düzeyleri büyük önem taşımaktadır.

Bilişsel ergonomi ile iş performansı arasındaki anlamlı ilişki, ekran tabanlı çalışma ortamlarında zihinsel iş yükü ve dikkat yönetiminin en az fiziksel ergonomi kadar önemli olabileceğini göstermektedir. Görsel yorgunluk, aynı anda birden fazla işle uğraşma (multitasking), dijital araçların kullanılabilirliği ve kesintisiz çalışma süreleri gibi faktörler iş performansını etkileyebilir. Bu nedenle, proaktif ergonomi yönetiminin kapsamı, fiziksel iş istasyonunun ötesine geçerek dijital iş süreçlerini de içine alacak şekilde genişletilmelidir.

Örgütsel ergonominin çalışan memnuniyetiyle en güçlü korelasyonlardan birini göstermesi, ergonominin örgütsel düzeyde ele alınması gerekliliğini vurgulamaktadır. Mola planlaması, iş yükü dengelenmesi, yönetim desteği ve ergonomi kültürü; bireysel ergonomik davranışların örgütsel karşılıklarını oluşturur.

Literatürdeki yöntemsel çeşitlilik, önemli bir kısıtlılık teşkil etmektedir. Farklı çalışma desenlerinin ve ölçüm araçlarının kullanılması, etkilerin doğrudan karşılaştırılmasını karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle, mevcut kanıtların bir meta-analiz yerine tematik bir sentez yoluyla değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Standartlaştırılmış ölçüm protokolleri kullanan gelecekteki araştırmalar ve daha uzun takip sürelerine sahip müdahale çalışmaları, BPEYM'nin nedensel etkilerinin değerlendirilmesi açısından kritik öneme sahip olacaktır.

Modelin bir diğer temel özelliği, teknoloji kullanımının destekleyici bir bileşen olarak ele alınmasıdır. Dijital hatırlatıcılar, ergonomi kontrol listeleri ve risk izleme araçları, proaktif bir yaklaşımın sürekliliğini destekleyebilir. Ancak, teknoloji kullanımının modeldeki en düşük ortalama puanlara sahip değişkenler arasında yer alması, bu tür araçların iş yeri ergonomisi yönetiminde henüz yeterince yerleşmediğini göstermektedir.

5. Uygulama Çerçevesi

Aşama	Uygulama	Beklenen çıktı
1. Mevcut durum analizi	Ofis düzeni, ekipman, çalışma koşulları ve çalışan geri bildirimlerinin değerlendirilmesi	Risklerin görünür hâle gelmesi
2. Risk haritası	Fiziksel, bilişsel ve organizasyonel risklerin sınıflandırılması	Öncelikli risk alanlarının belirlenmesi
3. Müdahale planı	Donanım düzenleme, eğitim, mola ve egzersiz planı	Risk azaltma programı

4. Uygulama	Çalışan katılımı ve yönetici desteğiyle müdahalelerin yürütülmesi	Davranış ve çevre değişikliği
5. İzleme	Periyodik ergonomik değerlendirme, geri bildirim ve teknoloji destekli takip	Süreklilik ve erken uyarı
6. Sürekli iyileştirme	Sonuçlara göre modelin güncellenmesi	Sürdürülebilir ergonomi kültürü

6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, ergonomik risklerin ofis çalışanları arasında duruş sorunları ve kas-iskelet sistemi problemleriyle ilişkili olduğunu ve önleyici yaklaşımların aynı anda fiziksel, bilişsel ve örgütsel boyutları ele alması gerektiğini göstermektedir. Bu sistematik incelemenin bir parçası olarak yirmi çalışma değerlendirilmiştir; fiziksel egzersiz, fizyoterapi, duruş eğitimi, ergonomi eğitimi ve işyeri değişiklikleri, çalışan sağlığını desteklemek için temel uygulamalar olarak ortaya çıkmıştır.

BPEYM modeli, sorunlar ortaya çıkmadan önce riskleri belirlemek, müdahale önceliklerini belirlemek ve sonuçları sürekli olarak izlemek için tasarlanmış döngüsel bir çerçeve sunmaktadır. Model, farklı sektörleri, yaş gruplarını ve çalışma düzenlemelerini içeren daha büyük örneklemeler üzerinde test edilmeyi gerektirir.

Uygulama ile ilgili olarak, aşağıdaki önlemler önerilmektedir: bireysel antropometrik özelliklere göre iş istasyonlarının yapılandırılması, uzun süreli hareketsiz davranış azaltmak için mikro mola sistemlerinin getirilmesi, ergonomi eğitiminin kurumsallaştırılması, iş akışına egzersizlerin (kısa, orta veya aktif) entegre edilmesi, bilişsel iş yükünün değerlendirilmesi ve yönetim desteğinin artırılması. Modelin etkinliği, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, iş performansı, çalışan memnuniyeti, devamsızlık gibi göstergeler kullanılarak gelecekte yapılacak uzun vadeli çalışmalarda değerlendirilmelidir.

7. Etik beyan

Bu çalışma, daha önce yayımlanmış tezler, makaleler, derlemeler ve akademik kitap bölümlerinin sistematik bir incelemesine dayanmaktadır. İnsan katılımcılardan doğrudan veri toplanmamış, herhangi bir deneysel işlem gerçekleştirilmemiş ve kişisel veri kullanılmamıştır. Derginin gönderim kuralları gerektiriyorsa, ilgili kurumsal etik kurulundan alınan muafiyet veya onay kararına ilişkin bilgilere de yer verilmelidir.

8. Çıkar çatışması

Yazarlar, bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederler.

9. Finansman

Çalışma, kurum veya kuruluşlardan herhangi bir finansal destek almamıştır.

10. Yazar katkıları

[Yazar katkıları, derginin yazar katkılarına ilişkin politikası (örneğin, CRediT veya eşdeğer standartlar) doğrultusunda, gönderimden önce belirtilmelidir.]

11. Veri erişilebilirliği

Çalışma; sentezlere, literatür taramasına ve model analizine dayanmaktadır. Ham katılımcı verilerini içeren yeni bir veri seti oluşturulmamıştır.

Kaynakça

- Adıyaman, E., & Atıç, E. (2025). Omurga sağlığı için fizyoterapi: Teorik ve uygulamalı yaklaşımlar. In Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Güncel Konular II.
- Ağar, A., & Kızıltan, B. (2022). Ofis çalışanlarında kas iskelet sistemi sorunları ve ergonomi. OHS Academy İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi, 5(1), 50–56.
- Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2020). Ergonomik risk faktörlerinin sınıflandırılması: Bir literatür taraması. Ergonomi, 3(3), 169–192.

- Armstrong, T. J., Buckle, P., Fine, L. J., Hagberg, M., Jonsson, B., Kilbom, Å., Kuorinka, I., Silverstein, B. A., Sjøgaard, G., & Viikari-Juntura, E. (1993). A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 19(2), 73–84.
- Bailey, D. P. (2021). Sedentary behaviour in the workplace: Prevalence, health implications and interventions. *British Medical Bulletin*, 137(1), 42–50. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldaa039>
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2013). Ekranlı araçlarla çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelik. *Resmî Gazete*, 28620.
- Çelebi, E. S. (2018). Ergonomik iyileştirmenin çalışan psikolojisi ve verimliliğe etkisi: Elektrikli ev aletleri üreticisinde bir araştırma. *Journal of Life Economics*, 5(1), 83–94.
- Çoker, İ., & Selim, H. (2019). Bir tekstil işletmesinde kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik ergonomik risk değerlendirme. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(5), 230–240.
- International Ergonomics Association. (n.d.). What is ergonomics (HFE). <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- Lang, J., Ochsmann, E., Kraus, T., & Lang, J. W. B. (2012). Psychosocial work stressors as antecedents of musculoskeletal problems: A systematic review and meta-analysis of stability-adjusted longitudinal studies. *Social Science & Medicine*, 75(7), 1163–1174.
- Moreira-Silva, I., Teixeira, P. M., Santos, R., Abreu, S., Moreira, C., & Mota, J. (2016). The effects of workplace physical activity programs on musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *Workplace Health & Safety*, 64(5), 210–222.
- Niu, S. (2010). Ergonomics and occupational safety and health: An ILO perspective. *Applied Ergonomics*, 41, 744–753.
- Occupational Safety and Health Administration. (2023). Ergonomics—Overview. U.S. Department of Labor.
- Özcan, E. (2011). İş yerinde ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve hızlı maruziyet değerlendirme (HMD) yöntemi. *Mühendis ve Makina*, (616).
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>

TÜRKİYE VE KOMŞU ÜLKELERİN LOJİSTİK PERFORMANSLARININ BÜTÜNLEŞİK ÇKKV YAKLAŞIMIYLA KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Alptekin ULUTAŞ^{*1}, Öğr. Gör. Ali Aygün YÜRÜYEN²

¹ İnönü Üniversitesi

² Ardahan Üniversitesi

* Corresponding Author: Alptekin ULUTAŞ
alptekin.ulutas@inonu.edu.tr

1. GİRİŞ

Küreselleşme sürecinin hız kazanması, teknolojik ilerlemeler, internet kullanımının yaygınlaşması, tüketici tercihlerindeki dönüşüm ve hızlı kentleşme gibi gelişmeler, ülkeler arasındaki ekonomik ve ticari etkileşimi önemli ölçüde artırmıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda küresel pazarlarda rekabetin giderek yoğunlaşması, ülkelerin uluslararası ticarete daha güçlü bir konum elde edebilmeleri için rekabetçilik düzeylerini geliştirmelerini ve sürdürülebilir rekabet avantajı oluşturmalarını önemli bir gereklilik hâline getirmiştir (Işık vd., 2020).

Türkiye ve komşu ülkelerin lojistik performansının değerlendirilmesinde, ülkelerin lojistik altyapı ve hizmet kapasitelerini farklı boyutlar üzerinden karşılaştırmaya imkan sağlayan Lojistik Performans Endeksi (LPI) önemli bir gösterge olarak öne çıkmaktadır. Dünya Bankası tarafından geliştirilen LPI; gümrük işlemlerinin etkinliği, ulaştırma ve lojistik altyapısının niteliği, lojistik hizmetlerin yetkinliği, gönderilerin izlenebilirliği ve sevkiyatların zamanında gerçekleştirilmesi gibi temel boyutları dikkate alarak ülkelerin lojistik performansını ölçmektedir (Silva vd., 2026). Söz konusu boyutlar, Türkiye ve komşu ülkelerin lojistik sistemlerinin mevcut durumunun analiz edilmesi ve uluslararası ticaret ile taşımacılık faaliyetlerine ilişkin stratejik kararların desteklenmesi açısından önem taşımaktadır. LPI kapsamında farklı kriterlerin birlikte değerlendirilmesi, ülkelerin genel performans sıralamasını doğrudan etkileyebilmekte ve kriterlerin göreceli önem düzeylerindeki değişimler sıralama sonuçlarında farklılıklara yol açabilmektedir. Bu nedenle, Türkiye ve komşu ülkelerin lojistik performans sıralamalarının incelenmesi, bölgesel lojistik rekabet gücünün ve ticari bağlantıların geliştirilmesine yönelik politika ve stratejilerin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye ve komşu ülkelerin lojistik performanslarını Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri aracılığıyla değerlendirmektir. Araştırmada kullanılan veriler, Dünya Bankası tarafından 2023 yılında yayımlanan LPI raporundan elde edilmiştir. Çalışma kapsamında, değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları SIWEC-M yöntemi kullanılarak belirlenmiş, elde edilen kriter ağırlıkları doğrultusunda ALPAS yöntemi aracılığıyla alternatif ülkelerin lojistik performanslarına ilişkin sıralaması gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, literatürde lojistik performans kavramını ele alan araştırmalar incelenmektedir. Son beş yılda lojistik performans üzerine gerçekleştirilen seçilmiş çalışmaların genel bir özeti Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1: ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan LPI çalışmaları

Yazar(lar)	Yıl	Örneklem	Yöntemler
Ulutaş ve Karaköy	2021	Geçiş Ekonomisi ülkeleri	Gri SWARA ve Gri MOORA
Stojanović ve Puška	2021	Körfez ülkeleri iş birliği konseyi ülkeleri	CRITIC ve MABAC
Mešić vd.	2022	Batı Balkan ülkeleri	CRITIC ve MARCOS
Türkoğlu ve Duran	2023	RCEP ülkeleri	WASPAS, CRITIC ve GİA
Miškić vd.	2023	AB ülkeleri	MEREC ve MARCOS
Oğuz	2023	LPI raporunun ilk 10 sırasında bulunan ülkeler	EDAS ve TOPSIS
Çalık vd.	2023	OECD ülkeleri	Pisagor AHS, Bulanık AHS, AHS, VIKOR, CODAS ve TOPSIS
Pehlivan vd.	2024	G20 ülkeleri	TOPSIS ve Kümeleme Analizi

Ju vd.	2024	AB ülkeleri	CRITIC, MEREC, Entropi ve Bulanık ROV
Özekenci	2025	OECD ülkeleri	SD, CRITIC, LOPCOW, MEREC, CRADIS
Paksoy ve Karatay	2025	OPEC ülkeleri	Entropi, CRITIC, TOPSIS, CoCoSo
Keklik vd.	2026	OECD ülkeleri	MEREC, LOPCOW, MOORA
Balalan ve Ulutaş	2026	G8 ülkeleri	PSI, SV, SD, MEREC, PROVAN

3. METODOLOJİ

Bu bölümde çalışmada kullanılan SIWEC-M ve ALPAS yöntemleri tanıtılacaktır. SIWEC-M yöntemi kriter ağırlıklarının hesaplanmasında, ALPAS yöntemi ülkelerin sıralanmasında kullanılacaktır.

3.1 SIWEC-M Yöntemi

SIWEC yöntemini geliştiren Puška vd. (2024), orijinal modelde karar matrisi değerleri arasındaki büyük farklılıkların kriter ağırlıklarında dengesizliğe neden olabileceğini belirtmiştir. Bu doğrultuda, normalizasyon sürecinde yapılan düzenleme ile ağırlıkların daha dengeli ve tutarlı biçimde belirlenmesi amaçlanmıştır. Nesnel ağırlıklandırma yöntemi olarak geliştirilen SIWEC-M yönteminin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur (Ulutaş ve Demirbaş, 2025: 1451):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması. Yöntemin ilk aşamasında, alternatifler ve kriterlerden oluşan karar matrisi Denklem (1) doğrultusunda oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Karar matrisi, Denklem (2) kullanılarak normalize edilir. Bu aşamada her kriter değeri, ilgili kriterin en yüksek değerine bölünerek standartlaştırılır.

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_j(a_{ij})} \quad (2)$$

Adım 3: Standart sapma değerlerinin hesaplanması. Öncelikle her bir alternatif için standart sapma değerleri belirlenir. Daha sonra bu değerler, normalize edilmiş karar matrisi değerleriyle çarpılarak yeni normalize edilmiş değerler elde edilir. Hesaplama süreci Denklem (3)'te gösterilmektedir.

$$d_{ij} = c_{ij} \times \text{std. dev}_j \quad (3)$$

Adım 4: Çarpılmış normalize edilmiş değerlerin toplamı, Denklem (4) kullanılarak hesaplanır.

$$s_{ij} = \sum_{i=1}^m d_{ij} \quad (4)$$

Adım 5: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi. Son aşamada, her bir kriterin nihai ağırlık değeri Denklem (5) kullanılarak hesaplanır.

$$w_{jSW-M} = \frac{s_{ij}}{\sum_{j=1}^n s_{ij}} \quad (5)$$

3.2 ALPAS (ALternative Prioritization and Assessment System) Yöntemi

Ulutaş vd. (2025), tarafından alternatiflerin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen ALPAS yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir (Ulutaş vd., 2025).

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması. Denklem (1).

Adım 2: Denklem (1)'de yer alan karar matrisi değerleri, Denklem (6) ve (7) esas alınarak normalize edilmektedir.

$$\hat{t}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max(a_{ij})} \quad \text{eğer } j \in BN \quad (6)$$

$$\hat{t}_{ij} = \frac{\min(a_{ij})}{a_{ij}} \quad \text{eğer } j \in CS \quad (7)$$

Adım 3: Denklem (8)'de verilen işlem adımı uygulanarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = w_{jCM} \times \hat{t}_{ij} \quad (8)$$

Adım 4: Denklem (9) ve (10)'da verilen işlem adımları uygulanarak her bir alternatif için ideal ve anti-ideal çözümler belirlenir.

$$L_j = \max(r_{ij}) \text{ eğer } j \in BN, \quad L_j = \min(r_{ij}) \text{ eğer } j \in CS \quad (9)$$

$$AL_j = \min(r_{ij}) \text{ eğer } j \in BN, \quad L_j = \max(r_{ij}) \text{ eğer } j \in CS \quad (10)$$

Adım 5: Denklem (11)'de verilen işlem adımı uygulanarak her bir alternatifin fayda değeri hesaplanır.

$$B_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{(r_{ij} + 1)}{(L_j + 1)} - \frac{(AL_j + 1)}{(r_{ij} + 1)} \right) \quad (11)$$

Adım 6: Denklem (12)'de verilen işlem adımı kullanılarak her bir alternatifin birleşik güç değeri (C_i) hesaplanır.

$$C_i = \alpha \times \sum_{j=1}^n (r_{ij} + 1) + \beta \times \left(\prod_{j=1}^n (r_{ij} + 1) \right)^{1/n} \quad (12)$$

Denklem (12)'de yer alan α ve β parametreleri 0,5 olarak alınır.

Adım 7: Denklem (13)'te verilen işlem adımı uygulanarak her bir alternatifin nihai puanı hesaplanır.

$$P_i = \zeta \times B_i + \omega \times C_i \quad (13)$$

Denklem (13)'te yer alan ζ ve ω parametreleri 0,5 olarak alınır.

En yüksek puana sahip alternatif, en uygun alternatif olarak belirlenir.

4. UYGULAMA

Bu çalışmanın amacı, Türkiye ve Türkiye'nin komşu ülkelerinin lojistik performanslarını ÇKKV yöntemleri aracılığıyla değerlendirmektir. Bu kapsamda Türkiye, Irak, İran, Yunanistan, Ermenistan, Bulgaristan, Gürcistan ve Suriye alternatif ülkeler olarak ele alınmıştır. Ülkelere ilişkin değerlendirme verileri, Dünya Bankası tarafından yayımlanan 2023 yılı LPI raporundan elde edilmiştir (Dünya Bankası, 2023). Ülkelerin lojistik performanslarının değerlendirilmesinde LPI kapsamında yer alan temel boyutlardan yararlanılmıştır. Dünya Bankası tarafından geliştirilen LPI; gümrük işlemlerinin etkinliği (C1), ulaştırma ve lojistik altyapısının yeterliliği (C2), uluslararası sevkiyatların gerçekleştirilme düzeyi (C3), lojistik hizmetlerin kalitesi (C4), sevkiyatların zamanında tamamlanması (C5) ve gönderilerin izlenebilirliği (C6) gibi temel boyutlar üzerinden ülkelerin lojistik performanslarını ölçmektedir. Araştırmada söz konusu ölçütlerin tamamı fayda yönlü olarak değerlendirilmiştir. ÇKKV analizinin ilk aşamasında, değerlendirmede kullanılan kriterlerin göreceli önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla SIWEC-M yöntemi kullanılmıştır. Ardından SIWEC-M yöntemi aracılığıyla elde edilen kriter ağırlıkları ALPAS yöntemine aktarılmış ve bu doğrultuda Türkiye ile komşu ülkelerin lojistik performanslarına ilişkin nihai sıralama gerçekleştirilmiştir. LPI 2023 verilerinden yararlanılarak oluşturulan başlangıç karar matrisi Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2: Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Türkiye	3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5
Irak	2,1	2,2	2,5	2,2	3	2,4
Iran	2,2	2,4	2,4	2,1	2,7	2,4
Yunanistan	3,2	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9

Ermenistan	2,5	2,6	2,2	2,6	2,7	2,3
Bulgaristan	3,1	3,1	3	3,3	3,5	3,3
Gürcistan	2,6	2,3	2,7	2,6	3,1	2,8
Suriye	2,2	2,2	2,3	2,2	2,5	2,3

4.1 SIWEC-M Yöntemi Uygulanarak Kriter Ağırlıklarının Elde Edilmesi

Karar matrisinde yer alan değerlendirme kriterlerine ait değerler, Denklem (2) kullanılarak standartlaştırılmış ve karşılaştırılabilir bir forma dönüştürülmüştür. Bu işlem sonucunda elde edilen normalize edilmiş karar matrisi Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3: SIWEC-M Yöntemi ile Elde Edilen Normalize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Türkiye	0,9375	0,9189	0,8947	0,9211	0,9231	0,8974
Irak	0,6563	0,5946	0,6579	0,5789	0,7692	0,6154
Iran	0,6875	0,6486	0,6316	0,5526	0,6923	0,6154
Yunanistan	1	1	1	1	1	1
Ermenistan	0,7813	0,7027	0,5789	0,6842	0,6923	0,5897
Bulgaristan	0,9688	0,8378	0,7895	0,8684	0,8974	0,8462
Gürcistan	0,8125	0,6216	0,7105	0,6842	0,7949	0,7179
Suriye	0,6875	0,5946	0,6053	0,5789	0,6410	0,5897

Denklem (3)-(5) kullanılarak değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayıları belirlenmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: SIWEC-M Yöntemi ile Elde Edilen Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$w_{SIWEC-M}$	0,1834	0,1603	0,1588	0,1592	0,1794	0,1589
Rank	1	3	6	4	2	5

Tablo 4'te yer alan SIWEC-M yöntemi sonuçlarına göre kriter ağırlıklarının sıralaması: C1>C5>C2>C4>C6>C3 şeklinde gerçekleşmiştir. Hesaplanan sonuçlara göre en önemli kriter olarak C1 (gümrük işlemlerinin etkinliği) kriteri olurken en önemsiz kriter C3 (uluslararası sevkiyatların gerçekleştirilme düzeyi) olarak belirlenmiştir.

4.2 ALPAS Yöntemi Uygulanarak Alternatiflerin Sıralanması

Türkiye ve Türkiye'nin komşu ülkelerinin lojistik performanslarını **açısından sıralanmasında ALPAS yöntemi kullanmıştır**. Tablo 3'te yer alan başlangıç karar matrisine kriterlerin hepsinin fayda yönlü olması sebebiyle Denklem (6) uygulanarak karar matrisi normalize edilir. Tablo 5, ALPAS yöntemi ile normalize edilmiş karar matrisini belirtmektedir.

Tablo 5: ALPAS Yöntemi ile Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Türkiye	0,9375	0,9189	0,8947	0,9211	0,9231	0,8974
Irak	0,6563	0,5946	0,6579	0,5789	0,7692	0,6154
Iran	0,6875	0,6486	0,6316	0,5526	0,6923	0,6154
Yunanistan	1	1	1	1	1	1
Ermenistan	0,7813	0,7027	0,5789	0,6842	0,6923	0,5897
Bulgaristan	0,9688	0,8378	0,7895	0,8684	0,8974	0,8462
Gürcistan	0,8125	0,6216	0,7105	0,6842	0,7949	0,7179
Suriye	0,6875	0,5946	0,6053	0,5789	0,6410	0,5897

Denklem (8) doğrultusunda gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Ardından, Denklem (9) ve (10) kullanılarak ideal ve anti-ideal çözüm değerleri belirlenmiştir. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi ile ideal ve anti-ideal çözümlere ilişkin sonuçlar Tablo 6'da sunulmaktadır.

Tablo 6: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi, İdeal ve Anti-İdeal Çözümler

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Türkiye	0,1719	0,1473	0,1421	0,1466	0,1656	0,1426
Irak	0,1204	0,0953	0,1045	0,0922	0,1380	0,0978
Iran	0,1261	0,1040	0,1003	0,0880	0,1242	0,0978
Yunanistan	0,1834	0,1603	0,1588	0,1592	0,1794	0,1589
Ermenistan	0,1433	0,1126	0,0919	0,1089	0,1242	0,0937
Bulgaristan	0,1777	0,1343	0,1254	0,1382	0,1610	0,1345
Gürcistan	0,1490	0,0996	0,1128	0,1089	0,1426	0,1141
Suriye	0,1261	0,0953	0,0961	0,0922	0,1150	0,0937
L_j	0,1204	0,0953	0,0919	0,0880	0,1150	0,0937
AL_j	0,1834	0,1603	0,1588	0,1592	0,1794	0,1589

Denklem (11) doğrultusunda gerçekleştirilen hesaplamalarla her bir ülkeye ait fayda değeri (B_i) belirlenmiştir. Fayda değerlerinin elde edilmesinin ardından, Denklem (12) kullanılarak ülkelerin birleşik güç değerleri (C_i) hesaplanmıştır. Son aşamada ise Denklem (13) aracılığıyla her bir ülkenin nihai performans skoru (P_i) elde edilmiştir. Ülkelerle ilişkin hesaplanan fayda değerleri (B_i), birleşik güç değerleri (C_i) ve nihai skorlar (P_i) Tablo 7’de sunulmaktadır.

Tablo 7: ALPAS Yöntemi Sonuçları

	B_i	C_i	P_i	Rank
Türkiye	0,1984	4,0344	2,1164	2
Irak	-0,2626	3,8781	1,8078	6
Iran	-0,2758	3,8735	1,7989	7
Yunanista				
n	0,3392	4,0833	2,2113	1
Ermenista				
n	-0,2166	3,8934	1,8384	5
Bulgarista				
n	0,1216	4,0081	2,0649	3
Gürcistan	-0,1253	3,924	1,8994	4
Suriye	-0,3146	3,8607	1,7731	8

Tablo 7’de hesaplanan ALPAS yöntemi sonuçlarına göre LPI değerleri açısından ülkelerin sıralaması: Yunanistan>Türkiye>Bulgaristan>Gürcistan>Ermenistan>Irak>İran>Suriye şeklinde gerçekleşmiştir.

5. SONUÇ

Lojistik sistemlerin etkinliği, uluslararası ticaretin sürdürülebilirliği ve ülkelerin küresel rekabet gücü üzerinde belirleyici bir rol üstlenmekte olup, LPI bu performansın farklı boyutlar üzerinden karşılaştırılmasına olanak sağlayan önemli bir gösterge niteliğindedir. Bu doğrultuda çalışmada, Türkiye ve komşu ülkelerin lojistik performansları, LPI 2023 verileri temelinde SIWEC-M ve ALPAS yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanıldığı bir ÇKKV yaklaşımıyla analiz edilmiştir. SIWEC-M yöntemi sonuçları, kriterlerin lojistik performans üzerindeki göreceli etkilerinin farklılaştığını ortaya koymuş; kriter önem sıralaması $C1 > C5 > C2 > C4 > C6 > C3$ şeklinde gerçekleşmiştir. Buna göre gümrük işlemlerinin etkinliği (C1) en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak belirlenirken, uluslararası sevkiyatların gerçekleştirilme düzeyi (C3) en düşük ağırlıklı kriter olmuştur.

ALPAS yöntemiyle elde edilen nihai sıralama ise Yunanistan>Türkiye>Bulgaristan>Gürcistan>Ermenistan>Irak>İran>Suriye şeklinde gerçekleşmiştir. Yunanistan’ın ilk sırada yer alması, incelenen ülkeler arasında LPI kriterleri bakımından en yüksek performansa sahip olduğunu gösterirken, Türkiye’nin ikinci sırada bulunması ülkenin bölgesel ölçekte güçlü bir lojistik konuma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık, sıralamanın alt basamaklarında yer alan ülkeler açısından lojistik altyapı, gümrük süreçleri, sevkiyatların zamanındalığı ve lojistik hizmetlerin geliştirilmesine yönelik iyileştirmelerin rekabetçi konumun güçlendirilmesine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmanın bulguları, Türkiye ve komşu ülkelerin lojistik performanslarının yalnızca tek bir gösterge üzerinden değil, birbirleriyle etkileşim içerisinde bulunan çoklu kriterler çerçevesinde değerlendirilmesinin gerekliliğine işaret etmektedir. Özellikle gümrük işlemlerinin etkinliğinin en yüksek ağırlığa sahip olması, bölgesel ticaret akışlarının kolaylaştırılması ve sınır geçiş süreçlerinin etkinleştirilmesinin lojistik rekabet açısından öncelikli alanlar olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda elde edilen sonuçların, Türkiye’nin bölgesel lojistik konumunun

güçlendirilmesine yönelik politika geliştirme süreçlerine ve komşu ülkelerle gerçekleştirilen ticari ve lojistik faaliyetlerin etkinliğinin artırılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, çalışmanın LPI 2023 verileriyle ve belirlenen ülke grubu ile sınırlı olması nedeniyle gelecekteki araştırmalarda farklı LPI dönemlerinin karşılaştırılması, alternatif ağırlıklandırma ve sıralama yöntemlerinin kullanılması ve sonuçların duyarlılık analizleriyle test edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Balalan, S., & Ulutaş, A. (2026). PROVAN yöntemi ile G8 ülkelerinin lojistik performanslarının değerlendirilmesi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 14(2), 898-914.
- Çalık, A., Erdebilli, B., & Özdemir, Y. S. (2023). Novel Integrated Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach for Logistics Performance Index. *Transportation Research Record*, 2677(2), 1392-1400.
- Dünya Bankası. (2023). International LPI. <https://lpi.worldbank.org/>
- Ju, M., Mirović, I., Petrović, V., Erceg, Ž., & Stević, Ž. (2024). A Novel Approach for the Assessment of Logistics Performance Index of EU Countries. *Economics*, 18(1), 20220074.
- Keklik, B., Kashem, N., & Ünal, E. A. (2026). Cluster analysis and hybrid mcdm-based assessment of logistics performance in OECD countries. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 22(1), 239-270.
- Isik, O., Aydin, Y., & Kosaroglu, S. M. (2020). The assessment of the logistics performance index of CEE countries with the new combination of SV and MABAC methods. *LogForum*, 16(4), 549-559.
- Mešić, A., Miškić, S., Stević, Ž., & Mastilo, Z. (2022). Hybrid MCDM solutions for evaluation of the logistics performance index of the Western Balkan countries. *Economics*, 10(1), 13-34.
- Miškić, S., Stević, Ž., Tadić, S., Alkhayyat, A., & Krstić, M. (2023). Assessment of the LPI of the EU countries using MCDM model with an emphasis on the importance of criteria. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 11(3), 258-279.
- Oğuz, S. (2023). Evaluation Of Customs, Infrastructure And Logistics Services With Multi-Criteria Decision-Making Methods: A Comparative Analysis For The Top 10 Countries In The Logistics Performance Index. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 10(4), 167-178.
- Özekenci, E. K. (2025). Evaluation of the logistics performance index of OECD countries based on hybrid MCDM methods. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 47(1), 47-76.
- Paksoy, S. T., & Karamat, R. Assessment of the Logistics Performance of OPEC Countries with Integrated MCDM Methods. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(2), 112-136.
- Pehlivan, P., Aslan, A. I., David, S., & Bacalum, S. (2024). Determination of Logistics Performance of G20 Countries Using Quantitative Decision-Making Techniques. *Sustainability*, 16(5), 1852.
- Puşka, A., Nedeljković, M., Pamučar, D., Božanić, D., & Simić, V. (2024). Application of the new simple weight calculation (SIWEC) method in the case study in the sales channels of agricultural products. *MethodsX*, 13, 102930. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102930>
- Silva, Â., Barros, B., & Rodrigues, H. S. (2026). Multidecision criteria models for Logistics Performance Index in the EU countries. *Croatian Operational Research Review*, 17(1), 1-14.
- Stojanović, I., & Puška, A. (2021). Logistics performances of gulf cooperation council's countries in global supply chains. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 4(1), 174-193.
- Türkoğlu, M., & Duran, G. (2023). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (RCEP) Ülkelerinin Lojistik Performanslarının Değerlendirilmesi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 15(1), 45-69.
- Ulutaş, A., & Demirbaş, M. (2025). Sustainable development performance analysis with SIWEC-M and RAWEC. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 12(4), 1444-1466. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1645106>
- Ulutaş, A., & Karaköy, Ç. (2019). G-20 Ülkelerinin lojistik performans endeksinin çok kriterli karar verme modeli ile ölçümü. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 71-84.

Ulutaş, A., Topal, A., & Ecer, F. (2025). The Alternative Prioritization and Assessment System (ALPAS) Method for Environmental Performance Evaluation. *Mathematics*, 13(20), 3333. <https://doi.org/10.3390/math13203333>

ORCID: 0000-0003-3626-4481 | 0000-0002-2105-744X | 0009-0003-4558-9402

LEGAL AND ADMINISTRATIVE FRAMEWORKS FOR SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN KOSOVO

Ph.D. Cand. Florije REXHEPI¹, Prof. Dr. Anastas DZUROVSKI*, Doç. Dr. Alberta TAHİRİ²¹ University "St. Kliment Ohridski" – Bitola, Faculty of Law² University Haxhi Zeka* Corresponding Author: Anastas DZUROVSKI
alberta.tahiri@unhz.eu

1. Introduction

Sustainable economic development is not determined only by the availability of natural resources, capital, or entrepreneurial activity. It also depends on the quality of institutions through which public policies are designed and implemented. Legal certainty, predictable administrative procedures, transparency, accountability, and access to effective remedies influence the decisions of citizens, firms, and investors. In this sense, public administration is not merely a technical apparatus of the state; it is part of the institutional environment within which economic activity takes place.

For Kosovo, this relationship is particularly important. The country has undertaken continuous reforms in public administration, public financial management, digital service delivery, and the approximation of governance practices with European standards. Recent OECD/SIGMA assessment shows a mixed but generally improving picture: Kosovo performs above the Western Balkan average in several areas, including organisation and accountability, service delivery and digitalisation, and public financial management, while important weaknesses remain in policy implementation, administrative justice, service standards, public-sector employment, and procurement (OECD/SIGMA, 2025).

The central problem addressed in this paper is the gap that may emerge between formal legal reform and practical administrative performance. The adoption of laws is a necessary condition for institutional development, but it does not automatically guarantee effective implementation. Administrative capacity, inter-institutional coordination, professional competence, digital interoperability, oversight, and public trust determine whether legal rules produce the intended economic and social effects.

This paper therefore examines how legal and administrative frameworks can support sustainable economic development in Kosovo and identifies the main challenges that limit their effectiveness. It also considers opportunities arising from administrative simplification, digitalisation, improved public financial management, and stronger accountability mechanisms. The analysis follows the conceptual direction established in the accepted abstract and uses a qualitative, document-based approach.

2. Literature Review and Conceptual Framework

Administrative law establishes the rules within which public authorities exercise their powers and interact with individuals and legal entities. Its relevance to economic development lies in the fact that administrative decisions affect licences, permits, taxation, public procurement, investment projects, access to information, public services, and many other areas of economic life. When procedures are clear and consistently applied, transaction costs and uncertainty can be reduced. When they are slow, fragmented, or unpredictable, they can become an obstacle to investment and business development.

Good governance complements the legal dimension by emphasizing the quality of institutional behaviour. Legality, transparency, accountability, participation, effectiveness, and responsiveness are closely connected. Rexhepi and Dzurovski, in their work on administrative law and good governance in Kosovo, emphasize that transparency and accountability remain central principles even as public administration becomes increasingly digital. Their analysis is especially relevant because technological modernisation can improve efficiency while simultaneously creating new demands for legal safeguards, explainability, and institutional responsibility (Rexhepi & Dzurovski, n.d.).

Dzurovski's research also links public finance, institutional support, and digitalisation. His work on public-finance support for digitalisation of small and medium-sized enterprises illustrates the broader argument that public policy and financial instruments can shape the capacity of firms to modernise and compete (Dzurovski, 2020). This

perspective is useful for Kosovo because sustainable development requires both a predictable regulatory environment and public policies capable of supporting productive transformation.

The relationship between public investment and sustainable development is also visible in sectoral studies from Kosovo. Tahiri and Luta (2025), examining sustainable tourism development in the Sharr Mountains region, find that public investment has an important role in infrastructure, business support, and environmentally responsible development. Although tourism is only one sector, the study illustrates a broader institutional point: public investment generates stronger development effects when it is accompanied by coordinated governance, appropriate infrastructure, and long-term sustainability objectives.

Similarly, Kovaçi et al. (2023) discuss sustainable development in Kosovo through the specific problem of waste management, showing that legal, institutional, environmental, and implementation dimensions are interconnected. Taken together, these studies support the view adopted in the present paper: sustainable economic development should not be treated as a purely macroeconomic outcome, but as a result shaped by governance quality and institutional implementation.

3. Legal and Administrative Context in Kosovo

3.1. Rule of law, administrative procedure and accountability

Kosovo's constitutional and legal order provides a formal basis for legality, transparency, access to public information, protection of rights, and oversight of public administration. These principles are economically relevant because they affect the predictability of state action and the confidence of citizens and businesses in administrative institutions. A modern administrative system must ensure not only that decisions have a legal basis, but also that procedures are understandable, proportionate, timely, and open to review.

The practical challenge is implementation. The OECD/SIGMA 2025 monitoring report notes that Kosovo has made progress across several public-administration areas, but also identifies the need to strengthen the effectiveness of policy implementation and administrative justice, improve performance management, and continue reducing administrative burdens for citizens and businesses. This distinction between formal rules and implementation is central to the present analysis.

3.2. Public administration reform and service delivery

Administrative reform can contribute to economic development when it reduces unnecessary procedural steps, clarifies institutional responsibilities, improves professional capacity, and makes public services easier to access. For businesses, the cumulative effect of small administrative burdens can be significant. Repeated requests for the same information, non-interoperable databases, unclear deadlines, and inconsistent interpretations of rules increase the time and cost of compliance.

Kosovo has launched reforms aimed at administrative burden reduction and digital service delivery. OECD/SIGMA reports that service delivery and digitalisation are among the areas in which Kosovo performs above the Western Balkan average, although service standards and systematic performance management still require further development (OECD/SIGMA, 2025).

3.3. Digitalisation and public financial management

Digitalisation is one of the clearest opportunities for improving the interaction between legal rules, administrative practice, and economic activity. The IMF (2025) notes that Kosovo has developed extensive digital infrastructure and the e-Kosova portal, while also modernising elements of public financial management through GovTech. At the same time, the IMF identifies non-integrated information systems, digital-skills limitations, cybersecurity risks, and coordination problems as barriers to realising the full benefits of digital transformation.

The economic significance of interoperability is substantial. When institutions exchange reliable data securely, citizens and businesses can avoid repeatedly submitting information already held by the state. Digitalisation can therefore reduce administrative costs, shorten processing times, improve traceability, and support transparency. However, as Rexhepi and Dzurovski argue in the context of AI-based administrative decision-making, technological efficiency should not replace legal safeguards. Digital systems must remain compatible with legality, accountability, transparency, and the protection of individual rights.

4. Methodology

The study uses a qualitative and analytical research design. This approach is appropriate because the research question concerns the functioning and interaction of legal norms, administrative institutions, governance principles, and economic-development objectives rather than the measurement of a single quantitative relationship.

The analysis is based on four groups of sources: (1) relevant legal and constitutional principles governing public administration; (2) institutional and strategic documents concerning public-administration reform, digitalisation, and public financial management; (3) assessments produced by international institutions, particularly OECD/SIGMA and the International Monetary Fund; and (4) academic literature related to administrative law, good governance, public finance, sustainable development, and the Kosovo context.

The analytical procedure consisted of identifying recurring themes in the sources and grouping them into five dimensions: legal certainty, institutional capacity, transparency and accountability, administrative efficiency, and digital transformation. These dimensions were then assessed in terms of their potential contribution to, or constraint on, sustainable economic development. The study does not claim to measure causal effects statistically; instead, it provides an institutionally grounded interpretation of the conditions under which legal and administrative reform can support development.

5. Results and Discussion

5.1. Formal reform is necessary but implementation determines impact

A recurring issue in the reviewed material is the distance between formal reform and day-to-day implementation. The more important issue is whether adopted rules are consistently implemented across institutions and over time. A business environment may appear well regulated on paper while remaining difficult in practice if procedures are delayed, institutional responsibilities overlap, or administrative decisions are inconsistent.

This finding corresponds with the OECD/SIGMA assessment, which recognises progress but continues to identify implementation and performance-management weaknesses. Sustainable economic development therefore requires attention to the institutional chain that connects legislation, secondary regulation, administrative procedures, staffing, information systems, oversight, and actual service delivery.

5.2. Administrative efficiency affects economic confidence

Administrative efficiency matters to the economy in very practical ways. Direct effects include the time and cost required to obtain services, permits, documents, or administrative decisions. Indirect effects include perceptions of predictability, fairness, and institutional credibility. When firms can anticipate how rules will be applied, they are better able to plan investments and allocate resources.

Administrative simplification should therefore be understood as an economic-development policy rather than only an internal government reform. Reducing unnecessary steps, standardising procedures, publishing clear guidance, and setting measurable service standards can improve the relationship between institutions and users.

5.3. Transparency and accountability support institutional trust

Transparency allows citizens and businesses to understand how public decisions are made, while accountability creates mechanisms for correcting errors and addressing misuse of authority. These principles are especially important in areas with significant economic consequences, including public procurement, public investment, taxation, licensing, and the allocation of public resources.

The analysis suggests that transparency is most effective when it is embedded in administrative processes rather than treated only as a publication requirement. Digital records, traceable workflows, reasoned decisions, accessible complaint procedures, and proactive publication of relevant information can jointly strengthen accountability. This is consistent with Rexhepi and Dzurovski's emphasis on legality, transparency, and accountability as core safeguards of good administration.

5.4. Digitalisation creates opportunities but requires coordination

Kosovo's recent digital progress creates a concrete opportunity to improve public services. The IMF reports broad digital connectivity, development of the e-Kosova platform, and increasing use of GovTech solutions. Yet the same analysis shows that several public-sector information systems remain insufficiently integrated. This means that technological investment alone cannot guarantee administrative efficiency.

A coordinated digital architecture can reduce duplication and create faster, more transparent services. At the same time, digitalisation introduces new governance responsibilities related to cybersecurity, data protection, access, digital skills, and automated decision-making. The legal and administrative framework must therefore evolve together with technology.

5.5. Public investment and sustainable development require institutional quality

Public investment can support infrastructure, local development, competitiveness, and sectoral transformation, but its impact depends on project selection, implementation quality, transparency, and long-term planning. Tahiri and

Luta's (2025) study of the Sharr Mountains demonstrates how public investment can support infrastructure and sustainable economic activity in a concrete Kosovo context. The broader implication is that the effectiveness of investment is inseparable from governance.

The same logic applies beyond tourism. Public resources should be linked to clear development objectives, transparent procedures, measurable results, and institutional responsibility. Sustainable development is strengthened when public investment decisions consider economic, social, and environmental effects together.

Table 1. Key legal-administrative dimensions and their development implications

Dimension	Main institutional issue	Potential economic effect
Legal certainty	Consistent rules, reasoned decisions, effective remedies	Lower uncertainty and stronger investment confidence
Administrative efficiency	Simplified procedures, clear deadlines, service standards	Lower compliance costs and faster business interaction
Transparency & accountability	Access to information, traceable decisions, oversight	Higher trust and reduced governance risk
Institutional capacity	Professional staff, coordination, implementation capacity	More reliable policy execution
Digitalisation	Interoperability, e-services, cybersecurity, digital skills	Faster services, lower transaction costs, better data use
Public financial management	Transparent allocation, procurement and monitoring	More effective use of public resources

6. Main Challenges

Several challenges appear repeatedly across the institutional assessments and literature reviewed. First, implementation capacity remains uneven. Laws and strategies may establish appropriate objectives, but their impact is reduced when institutions lack sufficient human resources, coordination mechanisms, data systems, or monitoring capacity.

Second, administrative fragmentation can create duplication and uncertainty. Where institutional responsibilities are not sufficiently coordinated, citizens and businesses may face multiple procedures for related services. This is particularly important in digital transformation, where separate information systems can reproduce administrative fragmentation in electronic form.

Third, administrative justice and effective remedies remain essential. Economic actors need confidence that administrative decisions can be reviewed within a reasonable period and according to clear legal standards. Delayed or ineffective remedies weaken legal certainty.

Fourth, public procurement and public financial management require continuous attention because they connect public resources with market opportunities and investment. OECD/SIGMA identifies remaining challenges in procurement regulation and the efficiency of the procurement review system.

Finally, digital transformation creates a capacity challenge. New platforms require not only software and infrastructure but also trained personnel, cybersecurity, interoperability, data governance, and inclusive access for users with different levels of digital skills.

7. Opportunities and Policy Recommendations

Priority	Recommended action	Expected contribution
1. Strengthen implementation mechanisms	Every major legal or strategic reform should be accompanied by clear institutional responsibility, implementation indicators, timelines, and periodic evaluation.	More consistent reform outcomes
2. Accelerate administrative simplification	Procedures affecting citizens and businesses should be reviewed for duplication, unnecessary documentation, unclear deadlines, and avoidable in-person interactions.	Lower administrative burden

3. Improve interoperability of public systems	Digital transformation should prioritise secure data exchange and common standards so that digitalisation reduces, rather than reproduces, administrative fragmentation.	Faster and more coherent services
4. Strengthen transparency by design	Public institutions should integrate traceability, publication, reason-giving, complaint mechanisms, and audit trails into administrative and digital processes.	Greater accountability and trust
5. Develop professional administrative capacity	Continuous training should connect legal knowledge, policy implementation, digital skills, public finance, ethics, and service orientation.	Higher institutional effectiveness
6. Improve administrative justice and remedies	Timely and effective review of administrative decisions is necessary for legal certainty and public confidence.	Stronger legal certainty
7. Link public investment to measurable sustainable outcomes	Investment planning should combine economic efficiency with social and environmental objectives and transparent monitoring.	Better value and sustainability of investment
8. Support evidence-based governance	Institutions should use administrative data, user feedback, performance indicators, and independent evaluations to improve policy design and service delivery.	More adaptive and effective policy

8. Conclusion

This study examined the relationship between legal and administrative frameworks and sustainable economic development in Kosovo. The analysis confirms the central proposition of the accepted abstract: effective legislation is important, but its developmental value depends on institutional capacity, transparency, accountability, administrative efficiency, coordination, and consistent implementation.

Kosovo has made meaningful progress in public-administration reform, service delivery, digitalisation, and public financial management. At the same time, recent institutional assessments show that implementation gaps, administrative justice, service standards, procurement, coordination, and capacity continue to require attention. These are not isolated administrative issues. They directly influence the predictability and quality of the environment in which citizens and businesses make economic decisions.

Digitalisation provides one of the strongest opportunities for the next phase of reform. The e-Kosova platform, broader digital infrastructure, and GovTech initiatives can reduce transaction costs and improve service accessibility. However, digital progress must be accompanied by interoperability, cybersecurity, professional capacity, legal safeguards, and accountability. Technological modernisation should therefore strengthen, rather than weaken, the principles of good administration.

Sustainable economic development therefore requires an integrated approach. Legal reform, administrative modernisation, public investment, digital transformation, and accountability should be treated as connected components of institutional development. For Kosovo, strengthening these connections can contribute to a more predictable business environment, more effective use of public resources, stronger institutional trust, and development that is economically viable and sustainable over the long term.

References

- Bloch, C., Moszoro, M., Wang, M., van Brunschot, F., & Hurcan, Y. (2025). Using Digitalization to Enhance Public Finance in Kosovo: Republic of Kosovo. IMF Selected Issues Papers, 2025(006). <https://doi.org/10.5089/9798400299735.018>
- Dzurovski, A. (2020). Public finance support for digitalization implementation within the SME's in Pelagonija region. In Trends in eBusiness and eGovernment (pp. 85–98). Efe Akademi Yayinevi. ISBN 978-625-7729-46-8.
- Kovaçi, I., Tahiri, A., Dreshaj, A., Millaku, B., Kurtaj-Bajrami, B., & Sabedini, H. (2023). Waste Management as a Measure to Achieve Sustainable Development in Kosovo. International Journal of Sustainable Development and Planning, 18(12), 3965–3971. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.181227>
- OECD. (2025). Public Administration in Kosovo 2024: Assessment against the Principles of Public Administration. SIGMA Monitoring Reports. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a53fce6b-en>
- OECD. (2025). Public Administration in the Western Balkans 2024: Regional Overview of Assessments against the Principles of Public Administration. SIGMA Monitoring Reports. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1ec4c18f-en>
- Tahiri, A., & Luta, M. (2025). The Impact of Public Investments on the Development of Sustainable Tourism in the Sharr Mountains Region. Journal of Environmental & Earth Sciences, 7(1), 457–470. <https://doi.org/10.30564/jees.v7i1.7619>
- Tahiri, A., Kovaçi, I., & Bushi, F. (2020). Sustainable tourism development – analysis of tourism development in Kosovo. ACC Journal, 26(2), 83–92. <https://doi.org/10.15240/tul/004/2020-2-007>

ORCID: 0000-0002-1200-0652

FARKLI AĞAÇLARDAN ÜRETİLEN SES TAHTALARININ BAĞLAMA AKUSTİĞİNE ETKİSİ: ZARF YAPILARININ DENEYSEL ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Filiz GÜRER YÜCEL*¹¹ Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi* Corresponding Author: Filiz GÜRER YÜCEL
filizyucel@mgu.edu.tr

1. GİRİŞ

Telli çalgılar grubuna giren bağlama, yandan bakıldığında yarım armuda benzeyen bir tekne formuna sahiptir. Müzisyenlerin ve bağlama yapımcılarının farklı tını arayışlarının bir sonucu olarak, zaman içerisinde farklı büyüklük ve formdaki teknelere sahip bağlamalar denenmiştir. Bağlama gibi telli çalgılarda sesin oluşum ve yayılım süreci ile çalgının karakteristik tınısının oluşmasında en önemli etkiye sahip olan kısım, ses tahtasıdır. Tellerde meydana gelen titreşimlerin ses çıkışını arttırmak için teller, köprü aracılığıyla geniş bir multirezonant yüzeye sahip olan ses tahtasına bağlanır. Bu bağlamda, çalgının akustik özellikleri hakkında doğru bir değerlendirme yapabilmek için öncelikle ses tahtasının titreşim davranışlarının tespit edilmesi gereklidir.

Bazı çalgı yapımcılar, çalgı yapım sürecinde ses tahtalarının akustik özelliklerini tespit ederek elde ettikleri veriler doğrultusunda çalışmalarına yön vermektedir. Çalgıya yapıştırılmadan önce ses tahtalarının rezonans frekanslarının belirlenmesi amacıyla ses tahtaları üzerinde yapılan bölgesel kalınlaştırma ve inceltme işlemleri, serbest plaka akordu (*free plate tuning*) olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamada elde edilen veriler, yapımı tamamlanmış ve tellenmiş çalgının sesi hakkında önemli ipuçları verebilmektedir. Akordu yapılmış ses tahtalarının kullanılması hem daha yüksek ses kalitesine sahip çalgıların üretilmesine olanak sağlamakta hem de yapımcıya zaman ve malzeme açısından tasarruf etme imkânı sunmaktadır.

Ses tahtasının yapımında kullanılan malzemenin cinsi, kütlesi, esnekliği ve ses tahtasının geometrisi gibi yapısal özellikler, titreşim davranışı üzerinde doğrudan etkili olan faktörlerdir (Özgüven, 2008: 216). Bu çalışmada, 3 farklı malzemeden üretilen ses tahtalarının bağlamanın zarf yapısı üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı; Kanada sediri, köknar ve ladin ağaçlarından üretilen ses tahtalarının bağlamanın zarf yapısı üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.

1.2. Deneysel Bağlamanın Özellikleri

Bu araştırma kapsamında, deneysel bağlama olarak adlandırılan bir tek bağlama kullanılmış ve üç farklı ses tahtası bu bağlamaya sırayla takılmıştır. Deneysel bağlamanın tekne, ses tahtası ve sap kısımlarında kullanılan malzemeler ile bu malzemelerin ölçülerine ait bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Bağlama Bileşenlerinin Malzemeleri ve Ölçüleri

Bağlamanın Bileşeni	Bileşen Malzemesi	Bileşen Ölçüsü
Tekne	Ardıç (yaprak tekne)	Tekne boyu 40cm
Ses Tahtası	Kanada sediri, köknar, ladin	Kalınlıkları 3.5mm
Sap	Akgürgen	Sap boyu 39cm

1.3. Uygulama Aşaması

Aynı ebatlarda ve dikdörtgen formda Kanada sediri, köknar ve ladin kütüklerinden 3 adet ses tahtası temin edilmiştir. Deneysel bağlamanın tekne ağızı profil ölçüleri alınarak üç ses tahtası bu profile uygun formda kesilmiştir. Bağlamaya ilk olarak Kanada sedirinden yapılan ses tahtası takılmıştır. Bağlama tellendikten sonra stüdyo ortamında ses kayıtları alınmıştır. Kayıt alındıktan sonra deneysel bağlamaya zarar vermeden Kanada sedirinden yapılan ses tahtası sökülüştür. Bu işlemin kolay yapılabilmesi için ses tahtasının tekneye yapıştırılma aşamasında boncuk tutkal kullanılmıştır. Kanada sedirinden sonra bağlamaya sırayla köknar ve ladin ses tahtaları takılmış ve stüdyo ortamında ses kayıtları alınmıştır. Deneysel bağlamada tüm yapısal bileşenler sabit tutularak,

sadece ses tahtasının malzemesi değiştirilmiştir. Bu sayede, elde edilen sonuçlar üzerinde sadece ses tahtalarının etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Üç farklı ses tahtasının bağlamaya takılmış ve tellenmiş hallerinin fotoğrafları Şekil 1’de yer almaktadır.

Şekil 1. Farklı Ses Tahtaları Takılı Bağlamalar

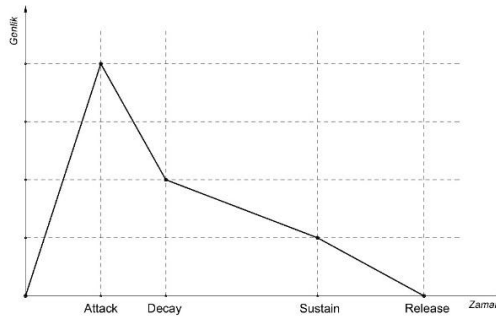


2. YÖNTEM

Araştırmada ihtiyaç duyulan ses kayıtları, Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi’nin ses kayıt stüdyosunda alınmıştır. Her bir ses tahtası için aynı kayıt zinciri kullanılmıştır. Kayıt sürecinde Neumann U87 geniş diyafram kondenser mikrofon kullanılmıştır. Belli bir standardı yakalamak adına mikrofonun konumu her seferinde sabit tutulmuş, mikrofon ile teller arası mesafe 30cm olarak sabitlenmiştir. Bağlamanın akordu her ses tahtası için aynı sese çekilmiş (bağlama düzeni si karar) ve aynı tezene ile aynı çalım tekniği kullanılmıştır. Bağlamaya her defasında aynı marka tel (*Volume Professional Concert Strings, Bağlama Strings*) takılmıştır. Bağlamanın her bir tel grubu mızrapla uyarılarak açık tel kayıtları alınmıştır. Her bir ses tahtası için alınan ses kayıtları üzerinden akustik analizler yapılmıştır. Bağlamanın her bir teli ayrı ayrı kaydedilmiştir. Elde edilen kayıtlar üzerinden zarf analizi (envelope analysis) gerçekleştirilmiştir. Zarf yapısı genelde ADSR olarak bilinir. Bu kısaltma; attack (atak), decay (düşüş), sustain (sürdürme) ve release (bırakma) kelimelerinin baş harflerinin bir araya gelmesiyle oluşur.

Attack: Sesin kaynaktan yayılmaya başlamasından sonra maksimum genliğe ulaşana kadar geçen süreyi ifade eder. **Decay:** Sinyalin maksimum genlik noktasından uzama seviyesine düşene kadar geçen süredir. **Sustain:** Sinyalin belli bir süre boyunca uzadığı ve genliğin görece korunduğu aşamayı ifade eder. **Release:** Bu kısım ise ses sinyalinin iyice azaldığı ve artık duyulmaz hale geldiği bölümün süresini gösterir (Önen, 2014:36). ADSR evreleri için hazırlanan örnek bir şema, Şekil 2’de yer almaktadır.

Şekil 2. ADSR Evreleri



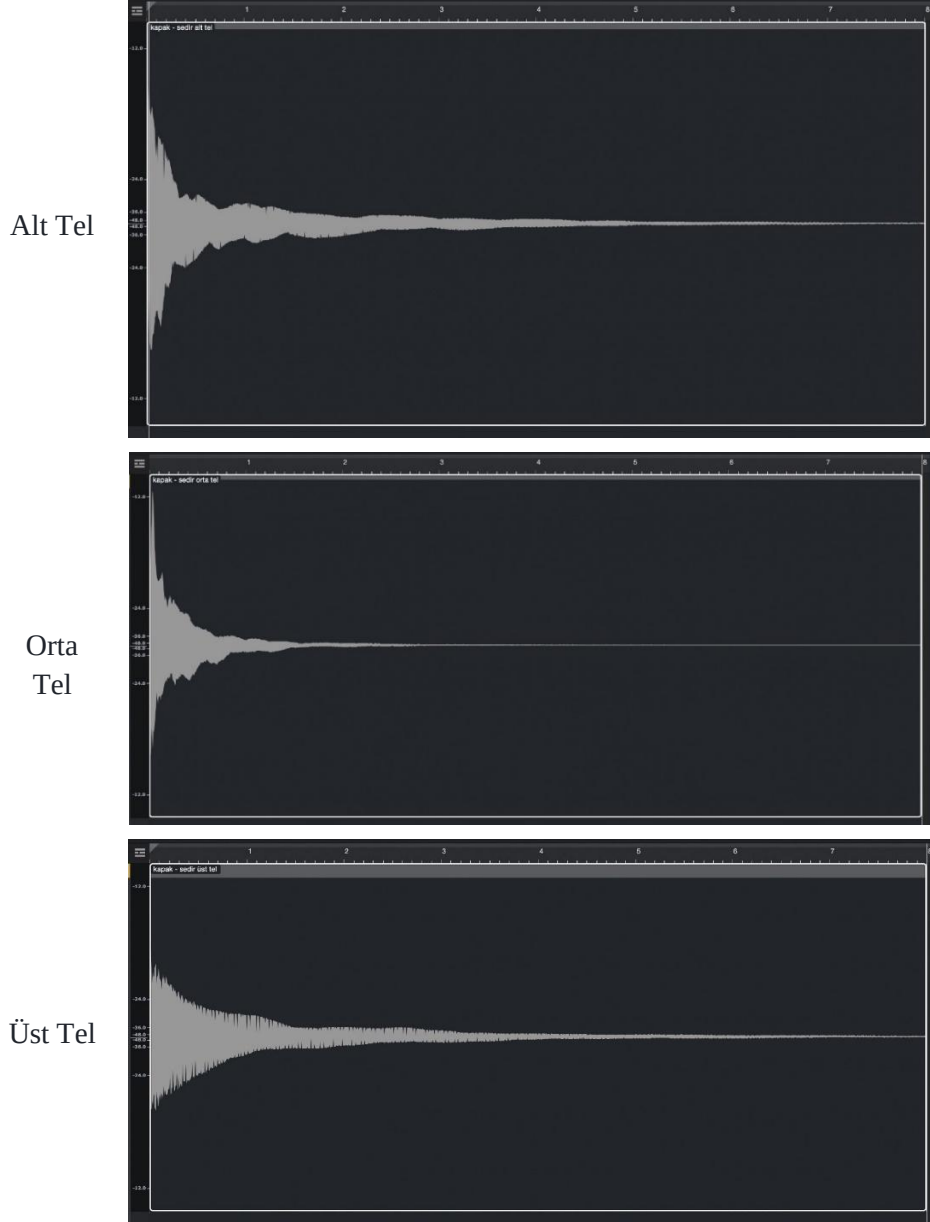
ADSR daha çok, elektronik müzik aletlerinin sinyal yapısı için tanımlanmış kavramlar bütünüdür. Bu araştırmada kullanılan deneysel bağlama, elektronik bir çalgı olmadığı için zarf analizlerinde elde edilen grafikler Şekil 2’deki gibi keskin ve belirgin çizgilerle birbirinden ayıramamaktadır. Bağlamanın üç tel grubunun her birinden alınan ses kayıtlarının zarf yapısına tek tek bakılmış ve farklı malzemelerden üretilen ses tahtaları için bu değerlerin nasıl değiştiği, birbiriyle kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Kanada Sediri Ses Tahtası İçin Elde Edilen Akustik Bulgular

Bağlamaya Kanada Sediri ses tahtası takılı iken alt, orta ve üst tellerden elde edilen spektrumlara ait veriler Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Kanada Sediri Ses Tahtası Takılı İken Elde Edilen Spektrumlar

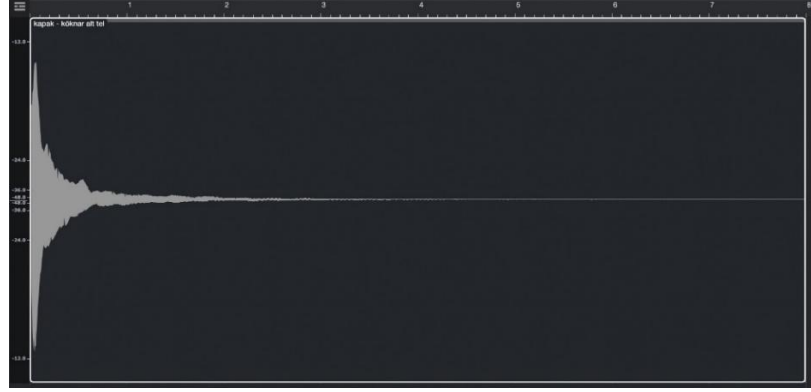
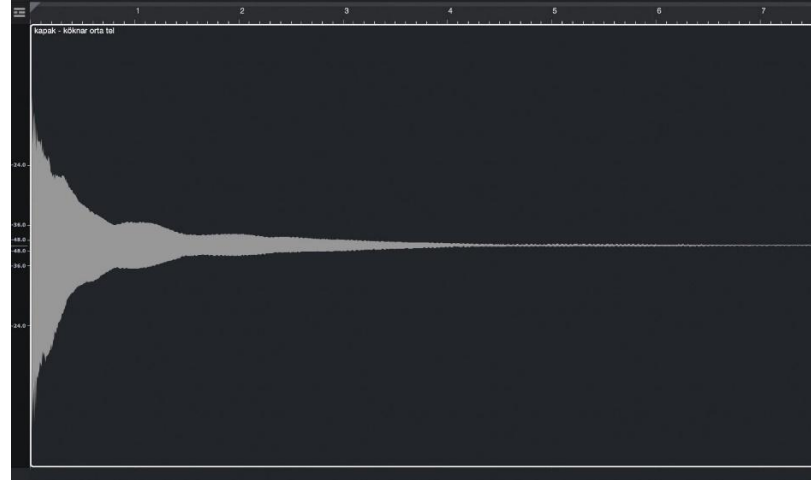


3.2. Köknar Ses Tahtası İçin Elde Edilen Akustik Bulgular

Bağlamaya köknar ses tahtası takılı iken alt, orta ve üst tellerden elde edilen spektrumlara ait veriler Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Köknar Ses Tahtası Takılı İken Elde Edilen Spektrumlar

Alt Tel

Orta
Tel

Üst Tel

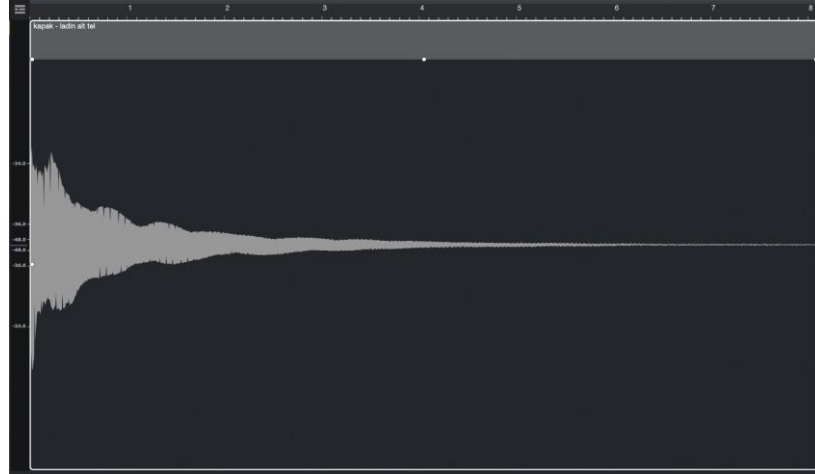


3.3. Ladin Ses Tahtası İçin Elde Edilen Akustik Bulgular

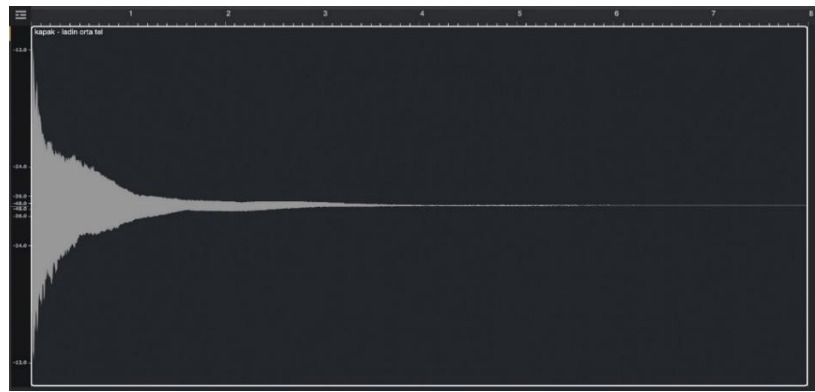
Bağlamaya ladin ses tahtası takılı iken alt, orta ve üst tellerden elde edilen spektrumlara ait veriler Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Ladin Ses Tahtası Takılı İken Elde Edilen Spektrumlar

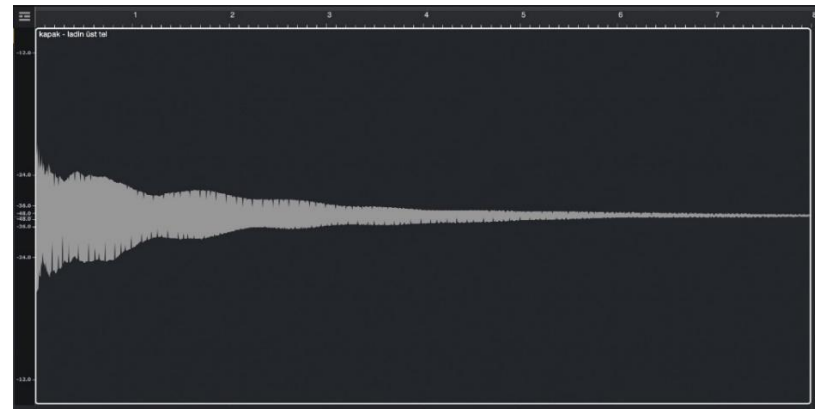
Alt Tel



Orta Tel



Üst Tel



Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te yer alan alt tel verileri kendi içinde kıyaslandığında; maksimum genliğe en hızlı ulaşan ses tahtasının ladin, en geç ulaşanının ise köknar olduğu görüldü. Sedir ve köknarın decay evrelerinin belirgin olduğu ve genlik değerlerinde hızlı bir düşüş meydana geldiği, ladinde ise bu evrede daha yumuşak bir geçiş olduğu tespit edildi. Sedir ve ladinin sustain evrelerinin birbirine benzediği, köknarda ise bu evrenin genlik değerlerinin daha düşük seviyede devam ettiği belirlendi. Sedir ve ladinin release evrelerinin de benzer olduğu, köknarın ise düşük genlik değerlerine daha çabuk ulaştığı görüldü. ADSR evrelerinin tamamını kapsayan toplam tınlama süreleri açısından alt teller birbiriyle kıyaslandığında; en uzun süre tınlayan ses tahtası sedir, en kısa süre tınlayan ise ladin olarak tespit edilmiştir.

Orta teller kendi içinde kıyaslandığında; maksimum genliğe ulaşma hızları açısından köknar ve ladinin birbirine çok yakın değerler aldığı, sedirin ise maksimuma biraz daha geç ulaştığı görüldü. Sedirin decay evresinde görülen genlik değerlerindeki azalmanın, köknar ve ladine göre daha hızlı olduğu belirlendi. Düşük genlikli devamlılık bölgesi olan sustain bölgesinde çok büyük genlik kaybının görüldüğü ses tahtası sedir olurken, nispeten daha yüksek genliklerde ve daha uzun tınlayan ses tahtasının köknar olduğu belirlendi. Ladinin sustain evresinin ise sedire daha yakın davrandığı saptandı. Release evresine en hızlı ulaşan sedir, en geç ulaşan ise köknar olarak tespit edildi. Zarf yapılarının bu aşamasında, köknarın genlik değerlerinin diğer ikisinden daha yüksek değerde olduğu görüldü.

Toplam tınlama süreleri açısından orta teller birbiriyle kıyaslandığında, en uzun süre tınlayan ses tahtası köknar, en az tınlayan ise ladin olarak tespit edilmiştir.

Üst teller kendi içinde kıyaslandığında; köknar ve ladinin attack sürelerinin birbirine eşit olduğu saptandı. Kanada sedirinin çok hızlı bir attackla maksimum genliğe ulaştığı ve attack süresinin 1ms olduğu görüldü. Diğer tüm kayıtlar içerisinde maksimum genliğe en hızlı ulaşan yapının sedir üst tel olduğu belirlendi. Üst tellerin decay evrelerinde diğer tellerde olduğu gibi keskin bir düşüşün olmadığı, bunun yanı sıra üç telde de birbirine benzer ve uzun sustain kuyruklarının ve kademeli azalan release davranışlarının meydana geldiği görüldü. Toplam tınlama süreleri açısından üst teller birbiriyle kıyaslandığında; sedir ve köknarın tınlama sürelerinin birbirine çok yakın değerler aldığı, ladinin ise en kısa tınlama süresine sahip olan ses tahtası olduğu belirlendi.

Her üç ses tahtası için elde edilen spektrumlar üzerinden ölçülen attack süresi ve toplam tınlama süresi verilerine ait bilgiler Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Üç Ses Tahtasının Attack ve Toplam Tınlama Sürelerine Ait Veriler

Ses Tahtaları	Teller	Attack Süresi (ms)	Toplam Süre (s)
Kanada sediri	Alt Tel	20	16.498
	Orta Tel	39	14.826
	Üst Tel	1	19.069
Köknar	Alt Tel	63	13.124
	Orta Tel	24	22.0
	Üst Tel	8	19.52
Ladin	Alt Tel	10	12.446
	Orta Tel	25	13.254
	Üst Tel	8	17.371

Tablo 5'te yer alan veriler incelendiğinde; ladinin alt, orta ve üst tellerinden alınan kayıtlara ait attack sürelerinin Kanada sediri ve köknara göre daha tutarlı olduğu belirlendi. Kanada sediri ve köknarın alt, orta ve üst tel grupları için daha dağınık attack süreleri ölçülmüştür. Maksimum genliğe en hızlı ulaşan tel, 1ms ile Kanada sediri üst tel olmuştur.

Her bir ses tahtasının attack sürelerine bakıldığında; üst tellerin, alt ve orta tellerden daha hızlı davrandığı ve maksimum tepe noktasına daha kısa sürede ulaştığı görülmüştür.

ADSR evrelerini kapsayan toplam tınlama süreleri kıyaslandığında, en uzun süre titreşim yapan telin köknar orta tel (22.0s), en kısa süre titreşim yapan telin ise ladin alt tel (12.446s) olduğu tespit edilmiştir. Toplam sürelerin ortalamasına bakıldığında ise en uzun süre tınlayan ses tahtasının köknar ve en kısa süre tınlayan ladin olduğu saptanmıştır.

4. SONUÇ

Bu araştırmada; Kanada sediri, köknar ve ladin ağaçlarından üretilen bağlama ses tahtalarının bağlamanın zarf yapısı üzerindeki etkileri tek tek araştırılmış ve elde edilen bulgular birbiriyle kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

Farklı ses tahtaları için elde edilen spektrum yapıları incelendiğinde; bağlama yapımında farklı malzemelerden üretilen ses tahtası kullanımının, bağlama sesinin zarf yapısı üzerinde anlamlı farklılıklara neden olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sonunda;

- her bir ses tahtası için maksimum genliğe en hızlı ulaşan, diğer bir ifadeyle attack süresi en kısa olan tellerin üst teller olduğu,
- alt, orta ve üst tellere ait attack sürelerinin en dengeli dağıldığı malzemenin ladin olduğu,
- sinyallerin ADSR evrelerini kapsayan toplam tınlama sürelerine bakıldığında, en kısa süre tınlayan (en çabuk sönen) ses tahtasının ladin olduğu

tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada kullanılan deneysel bağlamaya ses tahtalarının takılması ve sökülmesi aşamalarında yardımcı olan Dr. Öğretim Üyesi Zeki YILDIRIM'a, stüdyoda ses kayıtlarını alan ve zarf yapılarının deneysel analizi için ihtiyaç duyulan çıktıları hazırlayan Öğretim Görevlisi Yusuf Özgür TİRE'ye çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Önen, U. (2014). Ses Kayıt ve Müzik Teknolojileri, 8.Baskı, Çitlembik Yayınları.

Özgüven, H.N. (2008). Gürültü kontrolü, endüstriyel ve çevresel gürültü, 2.Baskı, Ankara: Türk Akustik Derneği.

ORCID:

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF WATER DROPLET SLIDING ON INCLINED SURFACES AT DIFFERENT INCLINATION ANGLES

Doç. Dr. Birkut GÜLER*¹ Giresun University* Corresponding Author: Birkut GÜLER
birkut.guler@giresun.edu.tr

1. INTRODUCTION

Liquid droplets moving on inclined solid surfaces are encountered in nature and in a wide range of engineering applications. The motion of a droplet is governed by the interaction of gravitational, capillary, viscous, and surface adhesion forces. Contact angle hysteresis plays an important role in determining the motion of a droplet on an inclined surface. The gravitational force acting along the inclined surface promotes droplet motion, whereas adhesion and surface-tension-related forces associated with the contact line resist this motion. Therefore, the motion and velocity of a droplet depend on the balance between these competing forces (Ahmed et al., 2014); (Wang & Zhao, 2021).

The dynamic behavior of droplets on inclined surfaces has been investigated using both experimental and theoretical approaches. Ahmed et al. investigated the spreading and sliding behavior of droplets on inclined substrates and demonstrated that contact angle hysteresis significantly affects droplet displacement and sliding velocity. Their experimental analysis showed that droplet velocity can be estimated from the variation of droplet position with time, with the slope of the position–time relationship providing an estimate of the sliding velocity (Ahmed et al., 2014). The inclination angle is also an important parameter because increasing inclination enhances the gravitational driving force acting along the surface. Previous experimental studies have demonstrated that droplet size and surface inclination influence droplet motion and deformation. Yilbas et al. reported that the motion of water droplets on inclined surfaces is strongly influenced by the balance between gravitational and adhesion forces, while droplet size also affects the resulting droplet behavior (Yilbas et al., 2017).

Droplet motion on inclined surfaces is relevant to several engineering applications, including surface cleaning, condensation, coating, and fluid transport. Understanding droplet behavior is particularly important in applications involving condensation heat and mass transfer, where the movement of droplets can affect condensate transport and removal from solid surfaces (Wang & Zhao, 2021). Water droplets moving on inclined hydrophobic surfaces have also been investigated for self-cleaning applications, particularly for removing dust from surfaces such as solar energy devices. In these applications, the inclination angle and droplet characteristics influence the motion and removal behavior of the droplets (Yilbas et al., 2017).

Although numerous studies have focused on the theoretical modeling and complex interfacial behavior of sliding droplets, simple experimental investigations under controlled inclination conditions remain useful for characterizing droplet transport. In the present study, the sliding behavior of water droplets on an inclined surface is experimentally investigated at three predetermined inclination angles of 39.2°, 45°, and 64°. The droplet motion is recorded during the sliding process, and the displacement and sliding time are evaluated to determine the average sliding velocity. The results are used to investigate the effect of inclination angle on the sliding behavior of water droplets.

2. EXPERIMENTAL METHOD

2.1. Experimental Setup

An experimental setup was constructed to investigate the sliding behavior of water droplets on an inclined surface. The setup consists of an inclined test surface and support elements used to establish three different inclination configurations. A rectangular support piece was placed against the inclined surface to maintain each configuration at a fixed position. The three configurations used in the experiments are shown in Figure 1.

The inclination angle of each configuration was determined from its geometric dimensions. For a right-triangular configuration, the inclination angle was calculated using:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{L}{H} \right) \quad (1)$$

where θ is the inclination angle, H is the vertical height, and L is the horizontal projection of the inclined section.

For the first configuration, $H = 82$ cm and $L = 40$ cm, giving an inclination angle of approximately 64° . For the second configuration, $H = 80$ cm and $L = 80$ cm, resulting in an inclination angle of 45° . For the third configuration, $H = 80$ cm and $L = 98$ cm, resulting in an inclination angle of approximately 39.2° .

The actual length of the inclined surface was determined from the geometric relationship:

$$S = \sqrt{(H^2 + L^2)} \quad (2)$$

where S represents the length of the inclined section.

The gravitational force acting on a droplet can be decomposed into normal components and parallel to the inclined surface. The component acting in the direction of droplet motion is given by:

$$F_{(g, \parallel)} = m g \sin(\theta) \quad (3)$$

where m is the droplet mass and g is the gravitational acceleration. Thus, increasing the inclination angle increases the gravitational driving component acting along the surface.

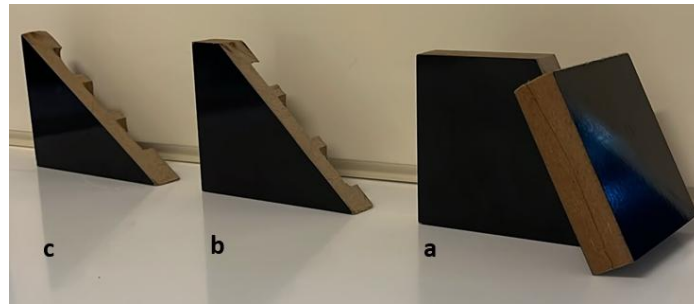


Figure 1. Experimental setup showing the three different inclination configurations.

2.2. Experimental Procedure

Water droplets were placed on the upper portion of the inclined test surface and allowed to move downward under the effect of gravity. The droplet motion was recorded using a video camera. The same test surface and experimental procedure were maintained for all three inclination configurations.

The recorded videos were used to determine the position and travel time of the droplet. For a selected travel distance S^d , the average sliding velocity was calculated as:

$$v_{avg} = \frac{S^d}{\Delta t} \quad (4)$$

where $\bar{v}$ is the average sliding velocity, S^d is the distance traveled by the droplet, and Δt is the corresponding sliding time.

In addition to the average velocity, the gravitational driving acceleration associated with each inclination angle can be expressed as:

$$a_{g, \parallel} = g \sin(\theta) \quad (5)$$

This parameter was used to provide a theoretical basis for comparing the gravitational driving conditions corresponding to the three experimental configurations.

For comparison, the ideal velocity of an object moving along an inclined surface without resistance can be expressed as:

$$v_{ideal} = \sqrt{2 g S^d \sin(\theta)} \quad (6)$$

However, the motion of a real water droplet is affected by surface adhesion, viscous dissipation, contact-line effects, and other resistive forces. Therefore, this expression is considered only as a theoretical reference for evaluating the influence of the gravitational component rather than as a direct prediction of the experimental droplet velocity.

2.3. Data Analysis

The experimentally determined sliding times and average velocities were compared for the three inclination angles of 39.2°, 45°, and 64°. The gravitational driving component was also calculated for each configuration according to Eq. (5).

The relationship between the inclination angle and droplet velocity was evaluated to determine whether the increase in the gravitational driving component resulted in a corresponding increase in the experimentally measured sliding velocity. The experimental results were subsequently presented in tabular and graphical form to facilitate comparison between the three inclination conditions.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The sliding behavior of the water droplets was investigated at three different inclination angles of 39.2°, 45°, and 64°. The volume of each individual water droplet was maintained at 0.1 mL for all experimental conditions. The average sliding time obtained for each inclination condition is presented in Table 1.

At an inclination angle of 39.2°, the initial 0.1 mL water droplets did not immediately move downward on the inclined surface. Additional 0.1 mL droplets were subsequently placed individually at different positions adjacent to the initial droplets. The droplets remained independent from each other and were not placed on top of one another. Following these additional placements, downward motion was observed. The average sliding time for the 39.2° configuration was approximately 7.63 s. At an inclination angle of 45°, downward motion occurred more rapidly. The average sliding time was approximately 2.20 s. The considerable reduction in sliding time compared with the 39.2° condition indicates that the increase in inclination angle enhanced the downward motion of the water droplet.

At the highest inclination angle of 64°, the droplet moved considerably faster along the inclined surface. The average sliding time was calculated from three measurements and was found to be 0.64 s, with a standard deviation of 0.13 s. The relatively small standard deviation indicates that the measurements at this inclination angle were reasonably consistent.

Table 1. Average sliding time of water droplets at different inclination angles

Inclination angle (°)	Droplet volume (mL)	Average sliding time (s)	Standard deviation (s)
39.2	0.1	7.63	
45.0	0.1	2.20	
64.0	0.1	0.64	0.13

3.1. Effect of Inclination Angle on Droplet Motion

The results show a clear decrease in the average sliding time with increasing inclination angle. The average sliding time decreased from 7.63 s at 39.2° to 2.20 s at 45° and further decreased to 0.64 s at 64°. Therefore, the droplet moved substantially faster as the inclination angle increased.

The gravitational force component acting in the direction of the inclined surface can be expressed as:

where m is the droplet mass, g is the gravitational acceleration, and θ is the inclination angle. The corresponding values of $\sin(\theta)$ are approximately 0.633, 0.707, and 0.899 for 39.2°, 45°, and 64°, respectively. Thus, the driving component of gravity increases progressively with inclination angle.

The change in sliding time is consistent with this increase in the gravitational driving component. The ratio of the average sliding time at 39.2° to that at 64° is approximately 11.9, indicating that the droplet required considerably more time to travel along the inclined surface at the lowest inclination angle.

The behavior observed at 39.2° is also noteworthy because the initial individual droplets did not immediately slide. Additional 0.1 mL droplets were placed individually at different positions on the surface, while maintaining their independence from one another. Downward motion was subsequently observed. Since the present study does not directly investigate the mechanism responsible for this behavior, this observation is reported as an experimental finding without assigning a specific physical mechanism.

Overall, the experimental results demonstrate that increasing the inclination angle substantially reduces the sliding time of water droplets on the investigated surface. The effect becomes particularly pronounced when the inclination angle increases from 45° to 64°.

3.2. Comparison with the Gravitational Driving Effect

The observed variation in sliding time can be evaluated in relation to the gravitational component acting along the inclined surface. As the inclination angle increases, the component of gravitational force parallel to the surface increases according to $\sin(\theta)$. For the three experimental configurations, $\sin(\theta)$ is 0.633, 0.707, and 0.899 for 39.2°, 45°, and 64°, respectively.

The increase in the gravitational driving component is accompanied by a substantial reduction in the measured sliding time. The average sliding time decreases from 7.63 s at 39.2° to 2.20 s at 45° and further to 0.64 s at 64°. This behavior indicates that the inclination angle is an important parameter governing droplet transport on the investigated surface.

However, the relationship between inclination angle and sliding time is not expected to be strictly linear. The motion of a liquid droplet involves not only the gravitational driving force but also resistance associated with the interaction between the droplet and the solid surface. Contact-line pinning, surface adhesion, viscous dissipation, and changes in droplet shape can influence the resulting motion. Therefore, the experimental sliding time represents the combined effect of the gravitational driving force and the resistive mechanisms acting on the droplet.

The particularly large reduction in sliding time between 45° and 64° suggests that the increase in the gravitational driving component becomes increasingly effective at higher inclination angles. At 64°, the gravitational component is approximately 26% greater than that at 45°, whereas the measured mean sliding time decreases by approximately 71%. This difference demonstrates that the droplet response is not governed solely by the magnitude of the gravitational component.

3.3. Experimental Uncertainty and Repeatability

The repeatability of the measurements was evaluated using the three measurements obtained at an inclination angle of 64°. The measured sliding times were 0.73 s, 0.50 s, and 0.70 s, giving an average value of 0.64 s and a standard deviation of 0.13 s. The relatively low variation among these measurements indicates that the observed sliding behavior was reasonably repeatable under the 64° condition.

For the 39.2° and 45° configurations, a single representative sliding-time value was used because the available experimental observations did not provide an equivalent number of repeated measurements under the same conditions. Therefore, a standard deviation was not calculated for these two inclination angles. This distinction is maintained in Table 1 to avoid assigning statistical uncertainty where repeated measurements were not available.

The experimental results should therefore be interpreted primarily in terms of the observed trend in sliding time with inclination angle rather than as a statistical comparison between independently replicated datasets. Further repeated measurements at each inclination angle would be required for a more comprehensive statistical assessment of the variability in droplet sliding behavior.

3.4. Numerical Analysis

To further evaluate the experimental observations, a simplified numerical analysis was performed using the geometric dimensions of the inclined configurations and the experimentally measured sliding times. The analysis was based on the measured travel distance along the inclined surface and the corresponding sliding time for each inclination condition.

The length of the inclined surface was first calculated from the vertical height and horizontal projection using:

$$S = \sqrt{H^2 + L^2} \quad (7)$$

where S is the inclined-surface length, H is the vertical height, and L is the horizontal projection.

The experimental average sliding velocity was calculated from the inclined-surface length and the measured sliding time as:

$$v_{exp} = \frac{S}{t_{exp}} \quad (8)$$

where t_{exp} is the experimentally measured sliding time.

$$a_g = g \sin \theta \quad (9)$$

The gravitational acceleration component acting parallel to the inclined surface was calculated using:

where $g=9.81\text{m/s}^2$ and θ is the inclination angle.

To evaluate the overall motion of the droplet from the measured travel distance and sliding time, an equivalent experimental acceleration was calculated by assuming an initial velocity of zero:

$$a_{eq} = \frac{2S}{t_{exp}^2} \quad (10)$$

Here, represents an equivalent acceleration obtained from the measured travel distance and total sliding time. It does not imply that the actual droplet acceleration remained constant throughout the motion.

For comparison, the theoretical sliding time corresponding to frictionless motion under the gravitational component was calculated as:

$$t_{theoretical} = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \theta}} \quad (11)$$

An effective resistance coefficient was also calculated by comparing the equivalent experimental acceleration with the gravitational acceleration component:

$$\mu_{eff} = 1 - \frac{a_{eq}}{g \sin \theta} \quad (12)$$

The calculated parameters for the three inclination conditions are presented in Table 2.

Table 2. Numerical evaluation of water droplet sliding at different inclination angles

Inclination angle (°)	S (m)	t _{exp} (s)	v _{exp} (m/s)	a _g (m/s ²)	a _{eq} (m/s ²)	t _{theoretical} (s)	μ _{eff}
39.2	1.265	7.63	0.166	6.200	0.043	0.639	0.993
45.0	1.131	2.20	0.514	6.937	0.468	0.571	0.933
64.0	0.912	0.64	1.426	8.817	4.455	0.455	0.495

The numerical results show that the gravitational acceleration component parallel to the inclined surface increases systematically with inclination angle. The value of a_g increases from 6.200 m/s² at 39.2° to 6.937 m/s² at 45° and reaches 8.817 m/s² at 64°. This increase represents the increasing gravitational driving effect acting in the direction of droplet motion.

The equivalent experimental acceleration also increases substantially with inclination angle. The calculated values are 0.043 m/s², 0.468 m/s², and 4.455 m/s² for 39.2°, 45°, and 64°, respectively. Thus, although the equivalent experimental acceleration is lower than the corresponding gravitational acceleration component for all three conditions, its magnitude increases considerably as the inclination angle increases.

A comparison of the equivalent experimental acceleration with the gravitational acceleration component provides an additional indication of the resistance to droplet motion. The $\frac{a_{eq}}{a_g}$ ratio is approximately 0.007, 0.067, and 0.505 for 39.2°, 45°, and 64°, respectively. Therefore, approximately 0.7% of the gravitational acceleration component is reflected in the equivalent motion at 39.2°, whereas this value increases to approximately 50.5% at 64°.

The theoretical sliding times calculated without considering resistance are 0.639 s, 0.571 s, and 0.455 s for 39.2°, 45°, and 64°, respectively. These values are considerably lower than the experimentally measured sliding times of 7.63 s, 2.20 s, and 0.64 s. The difference between the theoretical and experimental values demonstrates that the actual droplet motion is strongly affected by resistance mechanisms associated with the droplet–surface interaction.

The effective resistance coefficient decreases from 0.993 to 0.933 at 45° and 0.495 at 64°. This indicates that the relative influence of resistance on the droplet decreases as the inclination angle increases. The lowest effective resistance is therefore obtained at 64°, where the gravitational driving component and equivalent experimental acceleration are also the highest.

The experimental average velocity shows the same overall trend. The calculated velocity increases from 0.166 m/s at 39.2° to 0.514 m/s at 45° and 1.426 m/s at 64°. The simultaneous increase in a_g , a_{eq} and v_{exp} together with the reduction in sliding time, provides a consistent numerical description of the experimentally observed acceleration of droplet motion with increasing inclination angle.

It should be emphasized that is defined here as an effective resistance coefficient and should not be interpreted as a conventional solid–solid friction coefficient. The parameter represents the overall resistance inferred from the measured droplet motion and may include the combined effects of surface adhesion, contact-line resistance, viscous dissipation, and other interfacial effects.

4. CONCLUSIONS

An experimental investigation was conducted to examine the sliding behavior of 0.1 mL water droplets on an inclined surface at three different inclination angles of 39.2°, 45°, and 64°. The droplet motion was recorded, and the average sliding time was determined for each inclination condition. The average sliding time decreased substantially with increasing inclination angle, from 7.63 s at 39.2° to 2.20 s at 45° and 0.64 s at 64°. At 64°, three measurements resulted in an average sliding time of 0.64 ± 0.13 s. The corresponding experimental average velocity increased from 0.166 m/s at 39.2° to 0.514 m/s at 45° and 1.426 m/s at 64°. The numerical analysis showed that the gravitational acceleration component parallel to the inclined surface increased from 6.20 m/s² at 39.2° to 8.82 m/s² at 64°. The equivalent experimental acceleration also increased considerably, from 0.043 m/s² at 39.2° to 4.455 m/s² at 64°. This increase in equivalent experimental acceleration was consistent with the experimentally observed reduction in sliding time and increase in average droplet velocity. The frictionless theoretical sliding times were calculated as 0.639, 0.571, and 0.455 s for 39.2°, 45°, and 64°, respectively. These values were lower than the experimentally measured sliding times, indicating that the actual droplet motion was affected by resistance mechanisms associated with the droplet–surface interaction. The effective resistance coefficient decreased from 0.993 at 39.2° to 0.933 at 45° and 0.495 at 64°. This trend indicates that the relative influence of resistance on droplet motion decreased as the inclination angle increased. The effective resistance coefficient should be regarded as a parameter representing the overall resistance to droplet motion rather than as a conventional solid–solid friction coefficient. Overall, both the experimental and numerical results demonstrate that increasing the inclination angle promotes faster downward transport of water droplets. The combined evaluation of sliding time, experimental velocity, gravitational acceleration component, equivalent experimental acceleration, and effective resistance coefficient provides a quantitative basis for characterizing droplet motion on the investigated inclined surface.

REFERENCES

- Ahmed, G., Sellier, M., Jermy, M., & Taylor, M. (2014). Modeling the effects of contact angle hysteresis on the sliding of droplets down inclined surfaces. *European Journal of Mechanics, B/Fluids*, 48, 218–230. <https://doi.org/10.1016/j.euromechflu.2014.06.003>
- Wang, F., & Zhao, M. (2021). Behavior of moving droplet on inclined containment wall: Experiment and model validation. *Nuclear Engineering and Design*, 376. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2021.111129>
- Yilbas, B. S., Al-Sharafi, A., Ali, H., & Al-Aqeeli, N. (2017). Dynamics of a water droplet on a hydrophobic inclined surface: Influence of droplet size and surface inclination angle on droplet rolling. *RSC Advances*, 7(77), 48806–48818. <https://doi.org/10.1039/c7ra09345d>