



**MUNZUR**  
ÜNİVERSİTESİ  
2008

ISSN: 2149-0910  
VOLUME: 8 ISSUE: 2  
YEAR:2022

# INTERNATIONAL JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCES



0428 213 17 94

ijpas@munzur.edu.tr

[www.munzur.edu.tr](http://www.munzur.edu.tr)

MUNZUR UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES  
INTERNATIONAL JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCES  
ISSN: 2149-0910

*IJPAS is a peer reviewed journal.*

*Published biannually.*

*<http://dergipark.gov.tr/ijpas>*

**Owner**

Prof. Dr. Ubeyde IPEK

*Rector*

**Editors**

Assoc. Prof. Dr. Murat KORUNUR, Munzur University, Tunceli, Turkey

*Institute of Graduate Studies*

*[mkorunur@munzur.edu.tr](mailto:mkorunur@munzur.edu.tr)*

Assist. Prof. Dr. Akar DOĞAN, Munzur University, Tunceli, Turkey

*[akardogan@munzur.edu.tr](mailto:akardogan@munzur.edu.tr)*

**Associate Editor**

Asst. Prof. Dr. Salih BAŞKUTLU, Munzur University, Tunceli, Turkey

*[salihbaskutlu@munzur.edu.tr](mailto:salihbaskutlu@munzur.edu.tr)*



This journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
This journal is covered by **TR Index, Eurasian Scientific Journal Index, COSMOS IF, Index Copernicus, Sparc Indexing, Scientific Indexing Services, DOAJ** database systems.

### **Editorial Board**

Prof. Dr. Ubeyde IPEK  
Prof. Dr. Ali Fuat GUNERI  
Prof. Dr. Hasan AKGUL  
Prof. Dr. Mustafa DORUCU  
Prof. Dr. Seyit Ahmet OYMAK  
Prof. Dr. Numan YILDIRIM  
Prof. Dr. Nuran CIKCIKOGLU YILDIRIM  
Prof. Dr. Timar ADRIAN  
Prof. Dr. Valentim NUNES  
Prof. Dr. Zakia HAMMOUCH  
Assoc. Prof. Dr. Abdelhadi Abdel WAHAB  
Assoc. Prof. Dr. Ebru KUYUMCU SAVAN  
Assoc. Prof. Dr. Eren OZCEYLAN  
Assoc. Prof. Dr. Erkan CELIK  
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin SEVİK  
Assoc. Prof. Dr. Muharrem INCE  
Assoc. Prof. Dr. Nevin TURAN OZEK  
Asst. Prof. Dr. Erdem ISIK  
Asst. Prof. Dr. Zeki OMAC  
Dr. Nuruol Syuhadaa MOHD

### **Advisory Board**

Prof. Dr. Alev TASKIN GUMUS  
Prof. Dr. Hikmet GECKIL  
Prof. Dr. Timar ADRIAN  
Prof. Dr. Vedat UYAK  
Prof. Dr. Valentim NUNES  
Prof. Dr. Yakup DEMIR  
Prof. Dr. M. Zafer KOYLU  
Prof. Dr. Zakia HAMMOUCH  
Assoc. Prof. Dr. Abdelhadi Abdel WAHAB  
Assoc. Prof. Dr. Sevcan KURUM

Munzur University, Tunceli, Turkey  
Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey  
Akdeniz University, Antalya, Turkey  
Munzur University, Tunceli, Turkey  
Marmara University, Istanbul, Turkey  
Munzur University, Tunceli, Turkey  
Munzur University, Tunceli, Turkey  
University of Oradea, Oradea, Romania  
Instituto Politecnico de Tomar, Tomar, Portuguese  
University of Moulay Ismail Errachidia, Morocco  
University of Arabian Gulf, Kingdom of Bahrain  
Inonu University, Malatya, Turkey  
Gaziantep University, Gaziantep, Turkey  
Istanbul University, Istanbul, Turkey  
Mersin University, Mersin, Turkey  
Munzur University, Tunceli, Turkey  
Mus Alparslan University, Mus, Turkey  
Munzur University, Tunceli, Turkey  
Munzur University, Tunceli, Turkey  
Malaya University, Kuala Lumpur, Malaysia

Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey  
Inonu University, Malatya, Turkey  
University of Oradea, Oradea, Romania  
Pamukkale University, Denizli, Turkey  
Instituto Politecnico de Tomar, Tomar, Portuguese  
Firat University, Elazig, Turkey  
Dicle University, Diyarbakir, Turkey  
University of Moulay Ismail Errachidia, Morocco  
University of Arabian Gulf, Kingdom of Bahrain  
Firat University, Elazig, Turkey

## CONTENTS

### *Research Articles*

- Discontinuous Contact Problem of Elastic Two Layers Loaded with Two Rigid Rectangular Blocks  
İki Rijit Dikdörtgen Blok ile Yüklenen Elastik İki Tabakanın Süreksiz Temas Problemi  
**Pınar Bora, Talat Şükrü Özşahin** ..... 266-278
- Analysis of Bioactive Components and Antioxidant Capacities of Some Tropical Fruits Adapted to the Mediterranean Region  
Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Adapte Edilen Bazı Tropikal Meyvelerin Biyoaktif Bileşenlerinin ve Antioksidan Kapasitelerinin Analizi  
**Zehra Tuğba Murathan, Zeynep Merve Abacı, Armağan Kaya** ..... 279-285
- Comparison of Current Metaheuristic Methods in Standard Benchmark Functions  
Güncel Metasezgisel Yöntemlerin Standart Kalite Testi Fonksiyonlarında Karşılaştırılması  
**Osman Altay**..... 286-301
- Character of the interaction in the As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe System and Electrophysical Properties of the Phases Obtained  
As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe Sistemindeki Etkileşimin Karakteri ve Elde Edilen Fazların Elektrofiziksel Özellikleri  
**İmir Aliev, Ceyran Ahmedova**..... 302-311
- Twitter Sentiment Analysis for Covid-19 Vaccines in Turkey based on BiGRU-CNN Deep Learning Model  
BiGRU-CNN Tabanlı Derin Öğrenme Modeliyle Türkiye'deki Covid-19 Aşılarına Yönelik Twitter Duygu Analizi  
**Serpil Aslan**..... 312-330
- Investigation of PAN:Hemp Stems Nanofibers Produced by Electrospinning Method  
Elektro Eğirme Yöntemiyle Üretilen PAN:Kenevir Saplı Nanoliflerin İncelenmesi  
**Ülker Yalçın Erbastı, İlhan Candan, Yasemin Gündoğdu, Hadice Budak Gümgüm, Hamdi Şükür Kılıç**..... 331-341
- The Effect of Different Fruit Seed Oils on Quality Characteristics of Cakes  
Farklı Meyve Çekirdekleri Yağlarının Keklerin Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisi  
**Sema Lubabe Erdoğan, Yeliz Tekgül, Gülşah Çalışkan Koç**..... 342-350
- A Theoretical Study of Structure and Electronic Properties of Poly ( $\epsilon$ -Caprolactone) By Density Functional Study  
Poli ( $\epsilon$ -Kapolakton)' un Yapısı ve Elektronik Özelliklerinin Yoğunluk Fonksiyonel Yöntemiyle Teorik Bir Çalışması  
**Seda Hekim, Mustafa Ersin Pekdemir**..... 351-359
- Determination of the Effects of Different Row Distances on Yield and Quality in Black  
Determination of Flesh Productivity of Brond-snout (Chondrostoma regium, (Heckel, 1843)) in Tunceli Uzunçayır Dam Lake  
Tunceli Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki Kababurun (Chondrostoma regium, (Heckel, 1843)) Balıklarının Et Veriminin Belirlenmesi  
**Gülderen Kurt Kaya, Fahrettin Yüksel, Fatih Gündüz, Ferhat Demirel** ..... 360-366

A Deep Learning Based Prediction Model for Predicting the Covid-19 Vaccination Process Covid-19 Aşılama Sürecinin Tahminine Yönelik Derin Öğrenme Tabanlı Bir Model <b>Anıl Utku, Ümit Can</b> .....	<b>367-379</b>
Backup Encryption and Encrypted Backup Operation Performance in SQL Server SQL Server'da Şifreli Yedekleme İşlemlerinde Performans <b>Zühre Aydın Yenioğlu</b> .....	<b>380-385</b>
The Effect of Layer Thickness on Structural and Optical Properties of CuMnO <sub>2</sub> Films CuMnO <sub>2</sub> Filmlerini Yapısal ve Optik Özellikleri Üzerinde Tabaka Kalınlığının Etkisi <b>Şilan Baturay, Canan Aytuğ Ava</b> .....	<b>386-396</b>
Enhancing motility of rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) sperm by <i>Tribulus terrestris</i> extract supplementation Tribulus terrestris ekstraktının ilavesiyle gökkuşuğu alabalığının ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) sperm motilitesinin artırılması <b>Abdullatif Ölçülü, Filiz Kutluyer Kocabaş, Önder Aksu, Mehmet Kocabaş</b> <b>Olca Kaplan İnce, Emrah Karakavuk</b> .....	<b>397-404</b>
Investigation of Mechanical and Microstructure of AA5182/AA7075 Alloy Pairs Welded in Different Parameters by Friction Stir Spot Welding Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı ile Farklı Parametrelerde Kaynak Edilen AA5182/AA7075 Alaşım Çiftlerinin Mekanik ve Mikroyapılarının İncelenmesi <b>Edip Çetkin, Anıl İmak</b> .....	<b>405-414</b>
Determination of Effective Concentrations of Clove ( <i>Eugenia caryophyllus</i> ), Eucalyptus ( <i>Eucalyptus citriodora</i> ) and Melissa ( <i>Melissa officinalis</i> ) Essential Oils in Anesthesia of Rainbow Trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) Juveniles Gökkuşuğu Alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) Juvenillerinin Anestezisinde Karanfil ( <i>Eugenia caryophyllus</i> ), Okaliptüs ( <i>Eucalyptus citriodora</i> ) ve Melisa ( <i>Melissa officinalis</i> ) Esansiyel Yağlarının Etkin Konsantrasyonlarının Belirlenmesi <b>Çiğdem Coşansel, Erkan Can</b> .....	<b>415-423</b>
Age and Some Growth Characteristics of Colchic Khramulya ( <i>Capoeta sieboldii</i> Steindachner, 1864) In Gölova Dam Lake (Sivas-Turkey) Gölova Baraj Gölü (Sivas)'ndeki Siraz Balığı ( <i>Capoeta sieboldii</i> Steindachner, 1864)'nın Yaş ve Bazı Büyüme Özellikleri <b>Mücahit Yüngül, Önder Aksu, Başar Altınterim</b> .....	<b>424-434</b>
Essential Oil Components of 3 Taxa of <i>Hypericum</i> L. Genus Distributing In Turkey Türkiye' de Yayılış Gösteren <i>Hypericum</i> L. Cinsine Ait 3 Taksonun Uçucu Yağ Bileşenleri <b>Neslihan Taşar, Osman Gedik, Murat Kürşat</b> .....	<b>435-440</b>
Kinetic Model Validation With Experimental Data by Linearized 6 Types Equation Derived From Pseudo-Second Kinetic Order Model For Ni (II) İon Adsorption by Siirt Koçpınar Mixed Type Clay Siirt Koçpınar Karışık Tip Kil ile Ni (II) İyon Adsorpsiyonu İçin Pseudo-İkinci Kinetik Derece Modelinden Elde Edilen Lineerleştirilmiş 6 Tip Denklem ile Deneysel Verilerle Kinetik Model Doğrulaması <b>Nilgün Onursal</b> .....	<b>441-448</b>



Removal of Remazol Brilliant Blue R using Biogenic Manganese Oxide Produced by Pseudomonas putida Pseudomonas putida ile Üretilmiş Biyogenik Mangan Oksit Kullanarak Remazol Brilliant Blue R Giderimi <b>Özlem Tepe</b> .....	<b>449-459</b>
Length–Weight Relationships and Condition Factor of the Spiralin Alburnoides bipunctatus (Bloch, 1782) In the Pülümür River (Tunceli) Pülümür Nehri (Tunceli)'ndeki Noktalı İnci Balığı Alburnoides bipunctatus (Bloch, 1782)'un Boy-Ağırlık İlişkileri ve Kondisyon Faktörü <b>Ebru İfakat Özcan, Osman Serdar</b> .....	<b>460-467</b>
Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Kefir Obtained from Different Kefir Cultures and Brands of Milk Farklı Kefir Kültürlerinden ve Süt Markalarından Elde Edilen Kefirin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması <b>Haydar Eryılmaz, Olcay Kaplan Ince, Muharrem Ince</b> .....	<b>468-477</b>
Prediction of Heating and Cooling Loads of Buildings by Artificial Intelligence Yapıların Isıtma ve Soğutma Yükünün Yapay Zeka ile Tahmini <b>Pelin Canbay, Hüseyin Taş</b> .....	<b>478-489</b>
Analysis and Prediction of Traffic Accidents with Machine Learning Methods: A Case Study for Kahramanmaraş Trafik Kazalarının Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Analizi ve Tahmini: Kahramanmaraş İçin Örnek Bir Çalışma <b>Hüseyin Bolat, Melih Yücesan, Anıl Utku</b> .....	<b>490-506</b>
Selection of Plastic Injection Machine with Vikor Method in a Automotive Enterprise Bir Otomotiv İşletmesinde Vikor Yöntemi ile Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçimi <b>Caner Çil, Selen Avcı Azkeskin, Zerrin Aladağ</b> .....	<b>507-518</b>
Determination of Parton Distribution Functions with Jets at Forward Rapidity Region Using xFitter Analysis Framework xFitter Analiz Çerçevesi Kullanılarak İleri Rapidite Bölgesinde Jetler ile Parton Dağılım Fonksiyonlarının Belirlenmesi <b>Remzi Karaca, Salim Cerci, Deniz Sunar Cerci</b> .....	<b>519-523</b>
Production and Optimization of Exopolysaccharide from Thermophilic Bacteria Termofilik Bakterilerden Ekzopolisakkarit Üretimi ve Optimizasyonu <b>Firdevs Rozan Tuşar, Kemal Güven, Fatma Matpan Bekler, Nazlı Polat</b> .....	<b>524-533</b>

## Discontinuous Contact Problem of Elastic Two Layers Loaded with Two Rigid Rectangular Blocks

Pınar Bora<sup>1\*</sup>, Talat Şükrü Özşahin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Karadeniz Technical University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Trabzon, Türkiye

\*pyildirim@cumhuriyet.edu.tr , talat@ktu.edu.tr 

Received date:17.12.2021, Accepted date: 23.05.2022

### Abstract

In this study, unlike the literature, the discontinuous contact problem of two elastic layers resting on a loaded elastic semi-infinite plane with two rigid rectangular blocks is analyzed analytically. P and Q loads are transferred to the layers through blocks. Sheet weights were included in the problem. When the load value  $\lambda$  applied to the system exceeds the critical load value  $\lambda_{cr}$ , discontinuities occur on the contact surfaces. The problem is reduced to a singular integral equation using Fourier integral transform techniques in case of discontinuous contact. Singular integral equation is solve using Gauss-Chebyshev integral formulation. These discontinuities have been examined for the change in distance between blocks, block widths and changes in load ratios. Moreover, the swelling rates occurring during the separations are presented in graphics. In addition, the results obtained have been solved and compared with the help of ANSYS package program using the Finite Element Method.

**Keywords:** Discontinuous contact, elasticity, finite element analysis, integral equations

## İki Rijit Dikdörtgen Blok ile Yüklenen Elastik İki Tabakanın Süreksiz Temas Problemi

### Öz

Bu çalışmada, literatürden farklı olarak, iki rijit dikdörtgen blok yüklü elastik yarı sonsuz bir düzlem üzerinde duran iki elastik tabakanın süreksiz temas problemi analitik olarak analiz edilmiştir. P ve Q yükleri bloklar aracılığıyla tabakalara aktarılır. Probleme tabaka ağırlıkları dahil edilmektedir. Sisteme uygulanan yük değeri  $\lambda$ , kritik yük değerini  $\lambda_{cr}$  aştığında temas yüzeylerinde süreksizlikler meydana gelmektedir. Problem süreksiz temas durumunda Fourier integral dönüşüm teknikleri kullanılarak tekil bir integral denkleme indirgenir. Tekil integral denklemi Gauss-Chebyshev integral formülü kullanılarak çözülür. Bu süreksizlikler bloklar arası mesafe, blok genişlikleri ve yük oranlarındaki değişimler açısından incelenmiştir. Yine ayrılmalar sırasında meydana gelen kabarma oranları grafiklerle verilmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçlar Sonlu Elemanlar Metodunun kullanıldığı ANSYS paket programı yardımıyla çözülmüş ve karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Süreksiz temas, elastisite, sonlu elemanlar analizi, integral denklemler

### INTRODUCTION

The biggest reason why contact problems continue to attract attention today is that most of the mechanical system components are in contact with each other. Knowing the contact character, length and the stress distribution on the contact area in these systems facilitates material design and production for engineers. In fact, the components have weights, and, in this case, it is necessary to include the mass forces

for each component, but in practice two types of problems arise. In the first type of problems, the effect of weight is considered, and the separation takes place in a finite region. When the applied load is less than a certain critical value, the contact is continuous, and when the load exceeds a certain value, separations occur between the interfaces. Frictionless contact problem between elastic plane and elastic layer (Keer

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1038088

and Chantaramungkorn, 1972), the problem of frictionless contact in the elastic layer sitting on two elastic quarter planes (Erdogan and Ratwani, 1974), frictionless contact problem of an elastic layer under an axially symmetrical load resting on a rigid plane. (Gecit, 1978), the problem of continuous and discontinuous contact between the semi-infinite plane and an elastic layer (Çakıroğlu and Çakıroğlu, 1991), the contact problem of anisotropic layers sitting on an elastic semi-infinite plane and loaded by a rigid rectangular block is investigated. (Urquhart and Pindera, 1994). On the other hand, Özşahin has solved the frictionless contact problem of the system consisting of layers with different properties loaded with two rigid flat blocks (Özşahin, 2007.) Studies in the literature can be shown as an example of the first type of problems (Argatov 2013; Bora P. 2016; Çömez 2010; ETLİ 2021; Oner at al., 2014; Zhupanska 2011). In the second type of problems, the effect of weight is neglected, and the separation zone is in infinite length. These types of problems are called "receding contact" (Adiyaman at al., 2018; Adıbelli at al., 2013; Comez at al., 2004; El-Borgi at al., 2006; Kahya at al., 2007; Yan and Li, 2015). In contact problems, it is also possible to encounter various studies on functionally graded (FG) layers using functionally graded materials (FGM) varying from one surface of the material to another. When these studies are examined, we might encounter separation contact problems (Adıbelli at al., 2013; El-Borgi at al., 2006; Rhimi at al, 2011) and in which the weight effect is neglected and contact problems including the weight effect ( Adiyaman and Öner, 2017; Çömez and Guler, 2017; Comez, 2013; Dag at al., 2009; Giannakopoulos and Pallot, 2000; Polat and Özşahin, 2018; Volkov at al., 2013; Yang and Ke, 2008). Yaylacı et al. analyzed a separating contact problem with analytical and finite element method comparatively (Yaylaci at al., 2014). Öner et al. comparatively investigated the continuous contact problem of a functionally graded layer resting on an

elastic semi-infinite plane (Oner at. al., 2017). Kaya and Polat the continuous contact problem of the FG layer sitting on the semi-infinite plane is investigated comparatively (Kaya and Polat, 2019). Kaya et al. investigated the continuous contact problem in an FG layer loaded with three flat rigid blocks and fitted on an elastic semi-infinite plane using the finite element method (Polat and Kaya 2018). In the related literature, it is possible to encounter many problems solved using the finite element method (Abhilash and Murthy 2014; Bendine and Polat 2020; Birinci at al., 2015; Güler at al., 2017; Kaya at al., 2020; Polat at al., 2019).

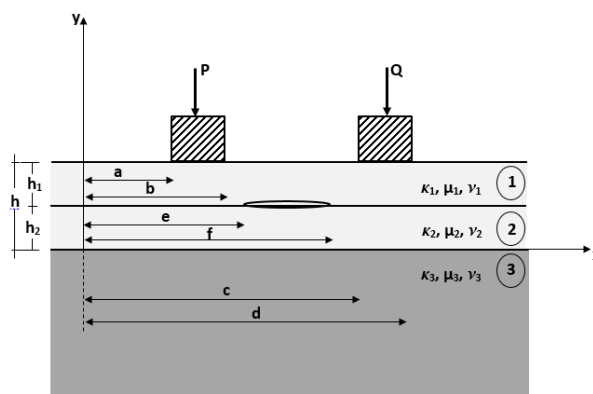
In this study, the problem of discontinuous contact for two elastic layers resting on an elastic semi-infinite plane is investigated. The rectangular rigid block problem has important applications in soil mechanics, especially in predicting the safety of foundations. The blocks can be taken as foundations placed on elastic layers. By installing the foundations at certain distances, it is possible to prevent overlapping of pressures of different settlements. In the current studies in the literature, the number of layers, loading conditions and basic types differ, and although the solution methods are similar, the analytical solution must be done separately for each. With this study, the general solution of the discontinuous contact problems in a layered medium resting on an elastic base will be obtained, and a computer program based on this solution will provide results regarding any geometry and loading situation to be entered by the user.



**SOLUTION OF THE PROBLEM**

In this study, the discontinuous contact problem is investigated for two layers with frictionless surfaces. The mass forces of the layers are taken into account. It lies along the x-axis in the range of layers and semi-infinite plane  $(-\infty, +\infty)$ . The problem is solved for the plane state; unit thickness is taken in the z-axis direction.

The discontinuous contact problem has been studied separately for two cases. The first of these is the discontinuity occurring at the interface of the two elastic layers, and the second is the discontinuity at the interface of the lower layer and the semi-infinite plane.



**Figure 1.** Discontinuous contact between layers

**Discontinuity at the Interface of the Layers**

In order for separation to occur at the interface of the layers, load value  $(\lambda_1)$  must take values greater than critical load value  $(\lambda_{cr1})$  that will create the first separation on this surface.  $\lambda_1 > \lambda_{cr1}$  It is seen that the layers are separated from each other. It is taken equal to an unknown function such as the derivative of the vertical displacement difference in the interval  $(e, f)$ . The integral of this function will give the separation between layers in the interval  $(e, f)$ .

The boundary conditions can be written as:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{y_1}(x, h) = \\ -p(x) a < x < b \\ -q(x) c < x < d \\ 0 - \infty < x < a, b < x < c, d < x < \infty \end{array} \right\} \quad (1a)$$

$$\tau_{xy_1}(x, h) = 0 \quad -\infty < x < \infty \quad (1b)$$

$$\tau_{xy_1}(x, h_2) = 0 \quad -\infty < x < \infty \quad (1c)$$

$$\tau_{xy_2}(x, 0) = 0 \quad -\infty < x < \infty \quad (1d)$$

$$\tau_{xy_2}(x, h_2) = 0 \quad -\infty < x < \infty \quad (1e)$$

$$\sigma_{y_2}(x, h_2) = \sigma_{y_1}(x, h_2) = 0 \quad e < x < f \quad (1f)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} [v_2(x, h_2) - v_1(x, h_2)] = \begin{cases} \omega(x) & e < x < f \\ 0 & -\infty < x < e, f < x < \infty \end{cases}$$

$$\tau_{xy_3}(x, 0) = 0 \quad -\infty < x < \infty \quad (1h)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} [v_2(x, 0) - v_3(x, 0)] = 0 \quad -\infty < x < \infty$$

(1i)

$$\sigma_{y_2}(x, 0) = \sigma_{y_3}(x, 0) \quad -\infty < x < \infty \quad (1j)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} [v_1(x, h)] = 0 \quad a < x < b \quad (1k)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} [v_1(x, h)] = 0 \quad c < x < d \quad (1l)$$

As equilibrium conditions for the problem

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1038088

$$\int_a^b p(x)dx = P^I \quad \int_c^d q(x)dx = Q^I \quad (2a-b)$$

can be written.

By solving the set of equations obtained as a result of applying stress and displacement expressions under the boundary conditions given in equations unknown coefficients are obtained depending on the unknown contact stresses  $p(x)$ ,  $q(x)$  and  $\omega(x)$ .

$$\sigma_{y_1}(x, h_2) - \rho_1 g h_1 = 0 \quad e < x < f \quad (3)$$

In order to find these functions, boundary conditions (1k), (1l) and Equation (3) are used.

$$-\frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_a^b p(t_1) dt_1 \left[ k_1(x_1, t_1) + \frac{1 + \kappa_1}{4} \frac{1}{(t_1 - x_1)} \right] - \frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_c^d q(t_2) dt_2 \left[ k_1(x_1, t_2) + \frac{1 + \kappa_1}{4} \frac{1}{(t_2 - x_1)} \right] = 0 \quad (4a)$$

$a < x_1 < b$

$$-\frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_a^b p(t_1) dt_1 \left[ k_1(x_2, t_1) + \frac{1 + \kappa_1}{4} \frac{1}{(t_1 - x_2)} \right] - \frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_c^d q(t_2) dt_2 \left[ k_1(x_2, t_2) + \frac{1 + \kappa_1}{4} \frac{1}{(t_2 - x_2)} \right] = 0 \quad (4b)$$

$c < x_2 < d$

$$-\frac{1}{\pi} \int_a^b k_2(x_3, t_1) p(t_1) dt_1 - \frac{1}{\pi} \int_c^d k_2(x_3, t_2) q(t_2) dt_2 - \frac{\mu_1}{\pi} \int_e^f \left[ k_4(x_3, t_3) - \frac{4(1 + \kappa_1)}{(1 + \kappa_1) + (1 + \kappa_2)} \frac{1}{\mu_2} \frac{1}{t_3 - x_3} \right] \omega(t_3) dt_3 - \rho_1 g h_1 = 0, \quad e < x_3 < f \quad (4c)$$

$\rho_k g$  is the mass force in the y-axis direction,  $\rho_k$  and  $g$  are the density of the layer and the acceleration of gravity, respectively.  $\mu_k$  and  $\kappa_k$  shows the shear stress modulus and elastic material constants. It is known that  $\kappa_k$  material constants of elastic layers are  $\kappa_k = (3 - 4\nu_k)$  if plane is in deformation, and

$\kappa_k = (3 - \nu_k)/(1 + \nu_k)$  if the plane is in stress.  $\nu_k$  shows the Poisson ratio ( $k=1,2,3$ ). Index 1 and 2 represent elastic layers, while the index 3 represents the elastic semi-infinite plane.

The  $\Delta$  and  $k_1, k_2, k_4$  kernels mentioned in the equations can be seen in the reference (Bora, 2016)

The index of integral Equations (4a) and (4b) is +1. Conversely, the index of the singular integral Equation (4c) is -1 because of the physical necessity of uniform contact at the e and f endpoints (Erdogan and Gupta 1972) The univalence condition can be written as follows.

$$\int_e^f \omega(x) dx = 0 \quad (5)$$

If we define the dimensionless quantities below,

$$x_3 = \frac{f - e}{2} r_3 + \frac{f + e}{2} \quad t_3 = \frac{f - e}{2} s_3 + \frac{f + e}{2} \quad (6a)$$

$$g_3(s_3) = \mu_1 \omega \left( \frac{f - e}{2} s_3 + \frac{f + e}{2} \right) / P / h \quad (6b)$$

Other equations can be seen in reference (Bora, 2016).

### Discontinuity at the Interface of the Elastic Semi-Infinite Plane with the Lower-layer

For separation to occur between the semi-infinite plane and the lower-layer, the load ( $\lambda_2$ ) must be greater than the load ( $\lambda_{cr2}$ ) that will cause the initial separation at the interface. In case of  $\lambda_2 > \lambda_{cr2}$ , the elastic semi-infinite plane and the lower-layer are separated from each other and the derivative of the vertical displacement difference in the interval (k, l) is taken equal to an unknown function such as  $\varphi(x)$ . The integral of this function will give the separation between the elastic semi-infinite plane in the interval (k, l) and the lower-layer.

When the boundary conditions are rearranged; The other boundary conditions remain the same but the changing boundary conditions are written as follows.

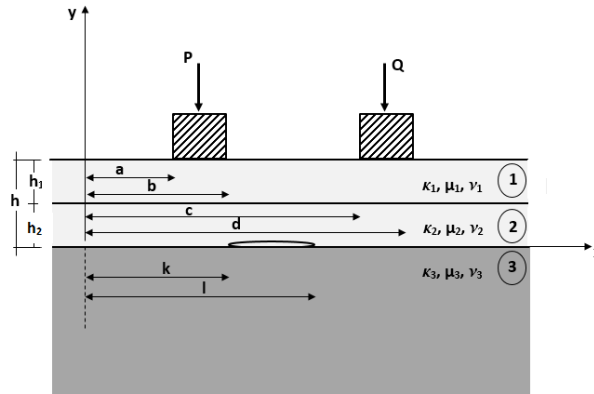


Figure 2. Discontinuous contact between the elastic semi-infinite plane and the lower-layer

$$\sigma_{y_2}(x, h_2) = \sigma_{y_1}(x, h_2) \quad -\infty < x < \infty \quad (7a) \quad -\frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_a^b p(t_1) dt_1 \left[ k_1(x_1, t_1) + \frac{1+\kappa_1}{4} \frac{1}{(t_1-x_1)} \right] -$$

$$\frac{\partial}{\partial x} [v_2(x, h_2) - v_1(x, h_2)] = 0 \quad -\infty < x < \infty \quad (7b) \quad \frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_c^d q(t_2) dt_2 \left[ k_1(x_1, t_2) + \frac{1+\kappa_1}{4} \frac{1}{(t_2-x_1)} \right] = 0 \quad (10a)$$

$$a < x_1 < b$$

$$\frac{\partial}{\partial x} [v_2(x, 0) - v_3(x, 0)] = \begin{cases} \varphi(x) & k < x < l \\ 0 & -\infty < x < k, l < x < \infty \end{cases} \quad (7c)$$

$$\sigma_{y_2}(x, 0) = \sigma_{y_3}(x, 0) = 0 \quad k < x < l \quad (7d)$$

$$-\frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_a^b p(t_1) dt_1 \left[ k_1(x_2, t_1) + \frac{1+\kappa_1}{4} \frac{1}{(t_1-x_2)} \right] -$$

$$\frac{1}{\pi} \frac{1}{\mu_1} \int_c^d q(t_2) dt_2 \left[ k_1(x_2, t_2) + \frac{1+\kappa_1}{4} \frac{1}{(t_2-x_2)} \right] = 0 \quad (10b)$$

$$c < x_2 < d$$

Equilibrium conditions for the problem;

$$\int_a^b p(x) dx = P'' \quad \int_c^d q(x) dx = Q'' \quad (8a-b)$$

can be written as given above.

By solving the set of equations obtained as a result of applying stress and displacement expressions under the boundary conditions given in equations unknown coefficients are obtained depending on the unknown contact stresses p(x), q(x) and φ(x).

$$\sigma_{y_2}(x, 0) - (\rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2) = 0 \quad k < x < l \quad (9)$$

In order to find these functions, boundary conditions and Equation (9) are used.

$$-\frac{1}{\pi} \int_a^b k_3(x_4, t_1) p(t_1) dt_1 - \frac{1}{\pi} \int_c^d k_3(x_4, t_2) q(t_2) dt_2$$

$$-\frac{\mu_2}{\pi} \int_k^l [k_5(x_4, t_4) - \frac{4\mu_3/\mu_2}{(1+\kappa_3) + \mu_3/\mu_2(1+\kappa_2)}] \varphi(t_4) dt_4 - \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2 = 0,$$

$$k < x_4 < l \quad (10c)$$

The  $k_3, k_5$ , kernels mentioned in the equations can be seen in the reference (Bora, 2016).

The index of integral Equations (10a) and (10b) is +1. Also, the index of the singular integral Equation (10c) is -1 due to the physical requirement of uniform

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1038088

contact at the k and l endpoints (Erdogan, F. and Gupta 1972) The univalence condition can be written as follows.

$$\int_k^l \varphi(x) dx = 0 \tag{11}$$

If we define the dimensionless quantities below,

$$x_4 = \frac{l-k}{2} r_4 + \frac{l+k}{2} \quad t_4 = \frac{l-k}{2} s_4 + \frac{l+k}{2} \tag{12a}$$

$$g_4(s_4) = \mu_2 \varphi \left( \frac{l-k}{2} s_4 + \frac{l+k}{2} \right) / P/h \tag{12b}$$

Other equations can be seen in reference (Bora P. 2016)

## RESULTS AND DISCUSSION

In the solution of the problem, the appropriate Gauss-Chebyshev integration formulas are used. The effects of the change of distance between blocks on elastic layers and elastic semi-infinite plane interfaces have been studied (Initial separation points, separation distances and distances where the interaction ends). In addition, the effects of change in block widths and change in load ratios on departure distances and swells are graphically presented. Analytical solutions were compared with the solutions obtained by finite element method and the results were found to be very close.

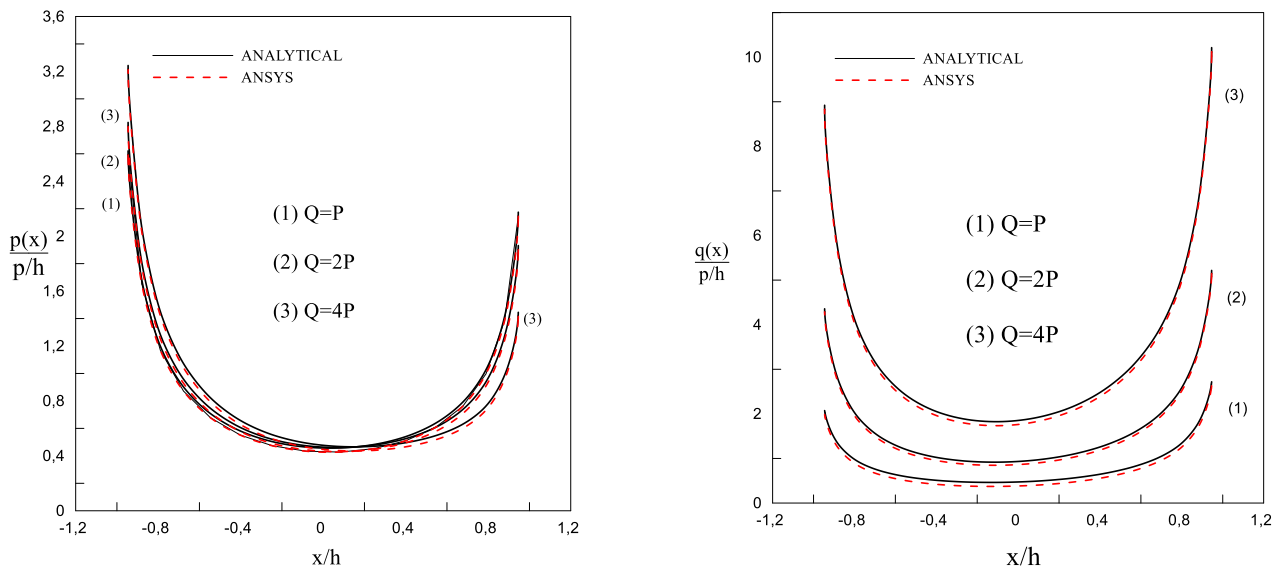
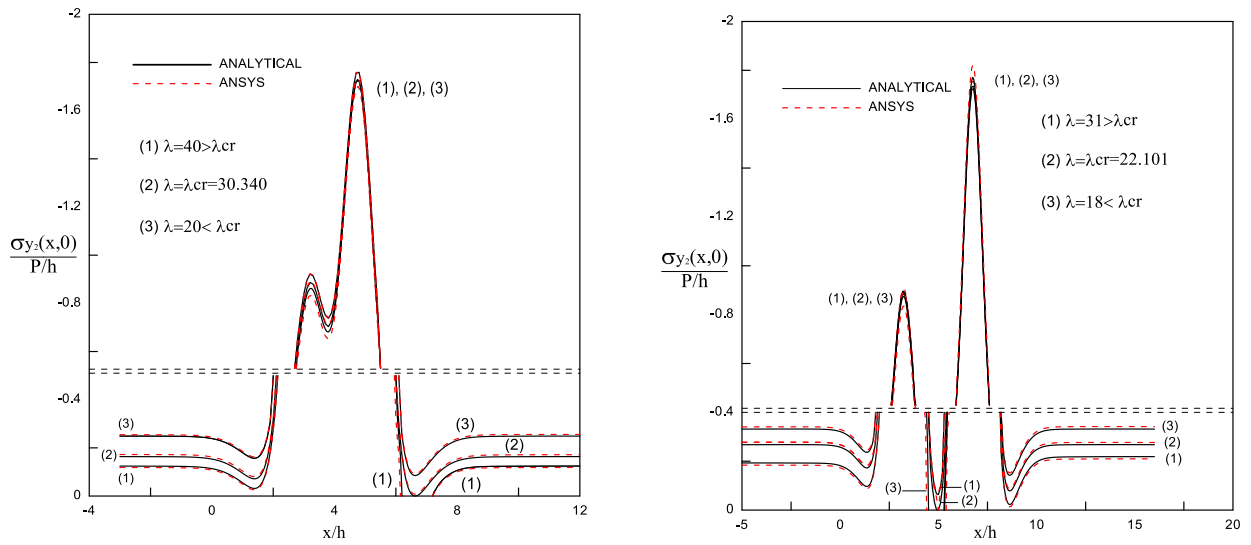


Figure 3a-b.1 and 2. Stress distribution under the blocks ( $\mu_2/\mu_1 = 2, \mu_3/\mu_2 = 0.5, a/h=3, (b-a)/h=0.5, (d-c)/h=0.5, (c-b)/h=1$ )

In Figures 3 a-b, when the stresses under the first block are examined, it is seen that as the load value on the second block increases, the stresses under the first block also increase. Considering the interaction between the blocks, the lowest stress value occurs at the corner of the first block that is close to the second block. When the contact stress under the second block

examined, it is seen that the contact stresses under the second block increase if the load is twice or four times. The stresses have their greatest value at the block edges. The graphs were obtained by both analytical and finite element methods. It has been observed that the results obtained with both methods are consistent.



**Figure 4 a-b.** In continuous contact ( $\lambda < \lambda_{cr}$ ) and discontinuous contact, in case of ( $\lambda > \lambda_{cr}$ )  $(c-b)/h=1$  and  $(c-b)/h=3$ , theoretical and numerical results of the dimensionless stress distribution of  $\sigma_y(x, 0)/(P/h)$ , ( $\mu_2/\mu_1=1$ ,  $\mu_3/\mu_2=1$ ,  $a/h=3$ ,  $(b-a)/h=0.5$ ,  $(d-c)/h=0.5$ ,  $Q=2P$ )

**Table 1.** The variation of critical load factor ( $\lambda_{cr}$ ) values with distance between blocks  $((c-b) / h)$  ( $Q = 2P$ ,  $\mu_2 / \mu_1=2$ ,  $\mu_3/\mu_2=2$ ,  $a / h = 3$ ,  $(b-a) / h = (d-c) / h = 1$ ) at the elastic semi-infinite plane interface with the lower-layer

$\frac{(c-b)}{h}$	BLOCK I				BLOCK II			
	$\lambda_{crsol}$	$x_{crsol}$	$\lambda_{crsağ}$	$x_{crsağ}$	$\lambda_{crsol}$	$x_{crsol}$	$\lambda_{crsağ}$	$x_{crsağ}$
0.5	71.2228	1.2556					48.7765	7.2451
1	82.4970	1.2284					47.0447	7.7476
3	92.9404	1.2317					48.3093	9.7452
5	94.4009	1.2402	<b>46.2553</b>	7.2439	<b>46.2553</b>	7.2439	48.4878	11.743
6.0647	<b>94.6074</b>	1.2430	<b>94.6074</b>	5.2570	<b>48.5176</b>	8.3303	<b>48.5176</b>	12.799

In Figures 4a-4b, contact stress distributions are given for three different values of load factor  $\lambda$ . ( $\lambda < \lambda_{cr}$ ,  $\lambda = \lambda_{cr}$ ,  $\lambda > \lambda_{cr}$ ) In Figure 4a, if  $\lambda = 20 < \lambda_{cr}$ , there is continuous contact and there is no separation at any point. If  $\lambda = 30.340 = \lambda_{cr}$ , there is a possibility that the first separation will occur to the right of the second block ( $(c-b)/h=1$ ,  $x_{cr}=6.65$ ).  $\lambda = 40 > \lambda_{cr}$ , a separation zone ( $k/h=6.260$ ,  $l/h=7.2477$ ) occurs between the

lower-layer and the elastic semi-infinite plane and the stress values in this region are zero.

In Figure 4b, if  $\lambda = 18 < \lambda_{cr}$ , there is continuous contact. It is understood that for  $\lambda = 22.101 = \lambda_{cr}$  value, the first separation will occur between blocks ( $(c-b)/h=3$ ,  $x_{cr}=4.961$ ). In case of  $\lambda = 31 > \lambda_{cr}$ , a separation zone ( $k/h = 4.5912$ ,  $l/h = 5.3001$ ) is formed at the interface of the elastic semi-infinite plane with the lower-layer and the stress values in this region are

zero. When the two figures are compared, it is seen that if the distance between the blocks increases, the first separation occurs between the blocks. And the initial separation load and separation zone are smaller. In addition, it is seen in both graphs that the results obtained by analytical and finite element methods are quite close.

Table 1 shows the effect of inter-block distance variation on the initial separation load and initial separation distance at the interface of the lower-layer and the elastic semi-infinite plane. Accordingly, for small values of  $(c-b)/h$  ( $(c-b)/h < 3$ ), two separation zones may occur depending on  $\lambda$ . Since  $Q/h \geq P/h$ , the first separation zone is on the right side of the second block. In this case, if  $\lambda$  is large enough, the second separation zone may occur to the left of the first block. If the distance between blocks ( $(c-b)/h > 3$ ) is further increased, another separation zone occurs between the blocks. And this zone is probably the first separation zone. When the distance between the layers continues to increase ( $(c-b)/h > 5$ ), there is a possibility that four separation zones will occur

depending on the load factor  $\lambda$ . The first separation zone is again formed between the blocks and after a certain value of  $(c-b)/h$  ( $(c-b)/h = 6.0647$ ), the interaction between the blocks is lost. If the distance between two blocks is greater than a limit value, each block can be considered separately.

Figure 5a shows effects of the change in distance between the blocks on the separation zone between the layers. Accordingly, for small values of  $(c-b)/h$ , there is a possibility that two separation zones depending on  $((c-b)/h < 3)$  will occur, while  $Q/h \geq P/h$ , the first separation zone is on the right side of the second block. If the distance between blocks ( $(c-b)/h = 3$ ) is further increased, it appears that there may also be a separation zone between blocks. And this zone is probably the first separation zone. If the distance between the blocks is continued to be increased ( $(c-b)/h > 5$ ), it is understood that four separation zones can occur depending on the load factor  $\lambda$ . In this case, the possible first separation zone occurs near the second block and after a certain value of  $(c-b)/h$ , the interaction between the blocks is lost.

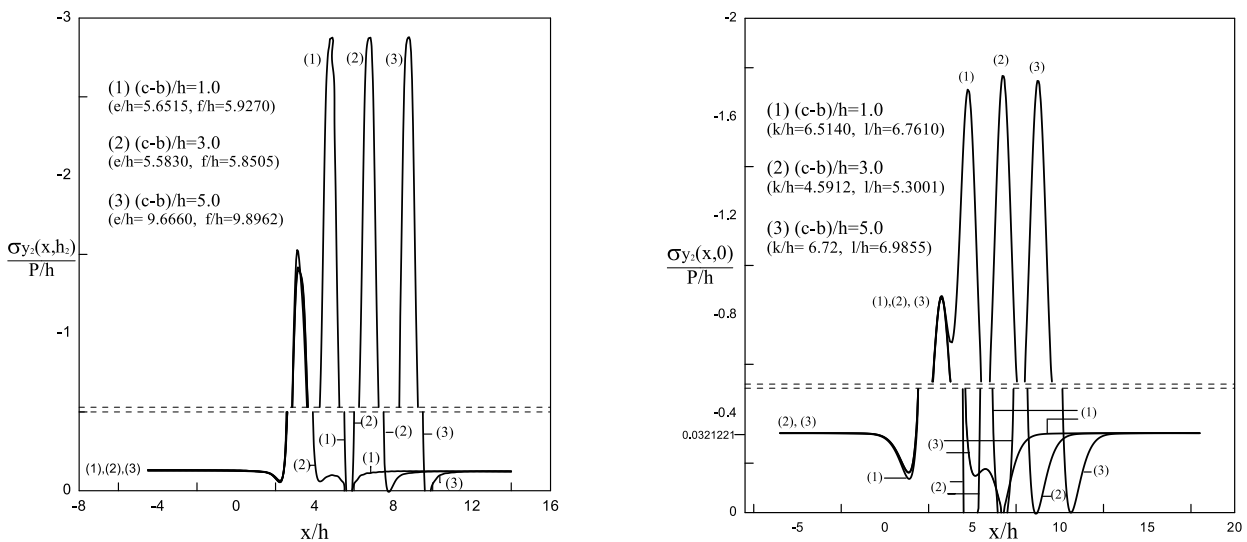


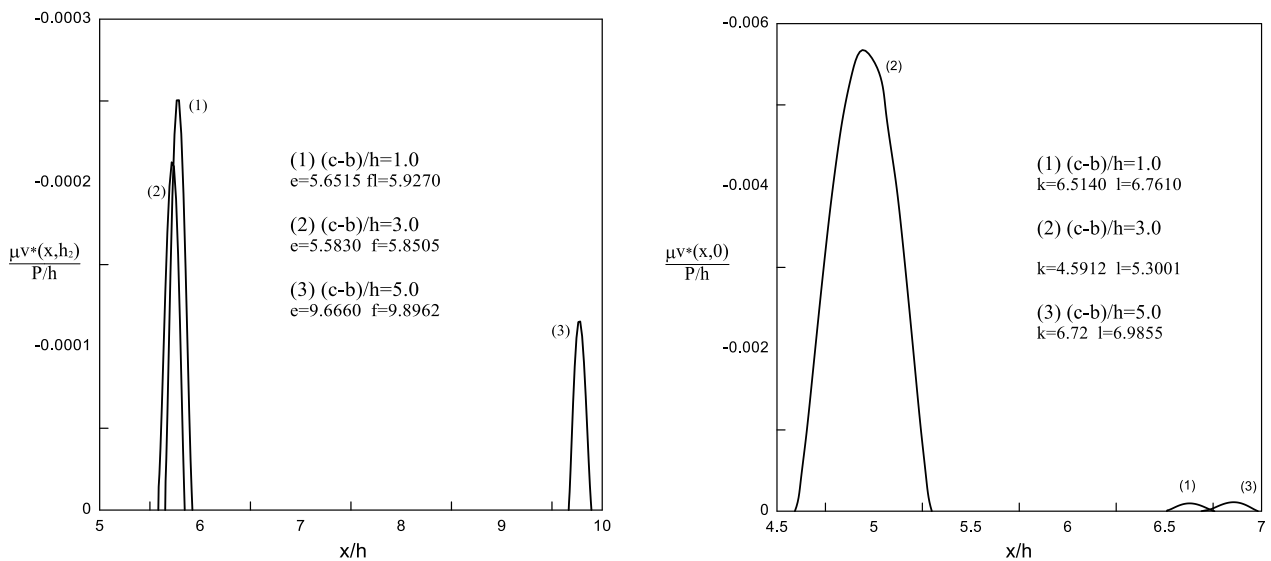
Figure 5a-b. The change in the dimensionless stress distribution of  $\sigma_y(x, h_2) / (P/h)$  and  $\sigma_y(x, 0) / (P/h)$  with distance between blocks ( $\mu_2/\mu_1 = 1, \mu_3/\mu_2 = 1, a/h = 3, (b-a)/h=0.5, (d-c)/h = 05, Q = 2P, \lambda = 30$ )

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1038088

Figure 5b shows the effects of the change in distance between the blocks on the separation zone between the lower-layer and the elastic semi-infinite plane. Accordingly, for small values of  $(c-b) / h$ ,  $((c-b) / h) < 3$ , the possibility of two separation zones depending on  $\lambda$  arises, and when  $Q / h \geq P / h$ , the first separation zone is on the right side of the second block. If the distance between blocks  $((c-b) / h = 3)$  is further increased, another separation zone arises between the blocks. And this zone is probably the first separation zone. When the distance between the blocks continues to increase  $((c-b) / h > 5)$ , the possibility of four separation zones arises depending on the load factor  $\lambda$ . The first detachment zone again occurs between blocks and after a certain value of  $(c-b) / h$ , the interaction between blocks disappears.

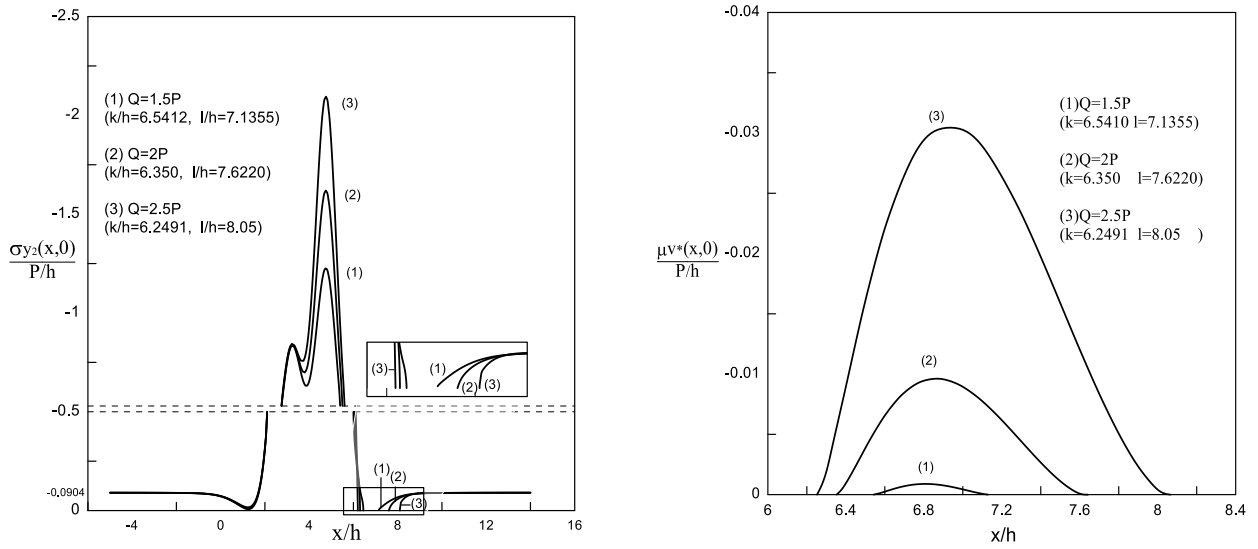
Figure 6a shows the variation of swellings occurring at the interface of the layers with the distance between the blocks.

When the change in distance between blocks is  $(c-b) / h = 1$ ,  $(c-b) / h = 5$ , first separations occur on the right side of the second block, and when  $(c-b) / h = 3$ , separation occurs between blocks. As the distance between the blocks increases, the resulting swelling and separation zones get smaller. Figure 6b shows the variation of swellings at the interface of the lower-layer and elastic semi-infinite plane with the distance between the blocks. When the distance value between blocks is  $(c-b) / h = 1$ , the first separation occurs on the right side of the second block, the swelling value and the separation zone are smaller. When  $(c-b) / h = 3$ ,  $(c-b) / h = 5$ , the first separations occur between the blocks. While  $(c-b) / h = 3$ , the swelling value and the separation zone grows, in the case of  $(c-b) / h = 5$ , the swelling value and separation region get smaller.

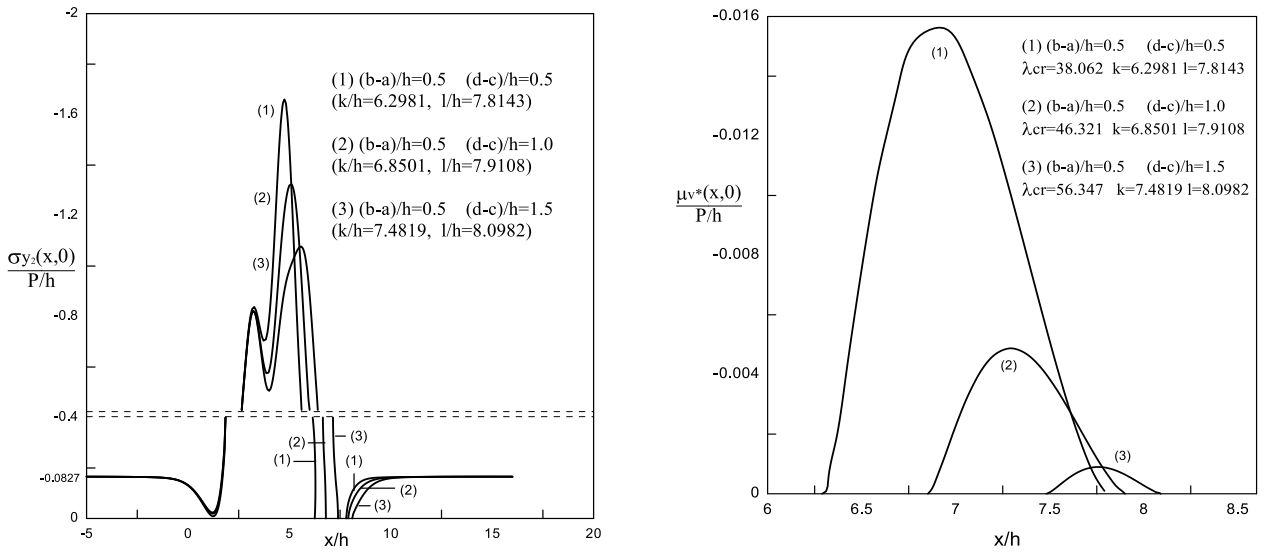


**Figure 6a-b.** The change in the dimensionless stress distribution of  $\sigma_y(x, h_2) / (P / h)$  and  $\sigma_y(x, 0) / (P / h)$  with distance between blocks ( $\mu_2/\mu_1 = 1$ ,  $\mu_3/\mu_2 = 1$ ,  $a / h = 3$ ,  $(b-a) / h = 0.5$ ,  $(d-c) / h = 0.5$ ,  $Q = 2P$ ,  $\lambda = 30$ )

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1038088



**Figure 7a-b.**  $\sigma_y(x, 0) / (P / h)$  variation of dimensionless stress distribution and variation of swelling with load ratio ( $\mu_2/\mu_1 = 2, \mu_3/\mu_2 = 0.5, a / h = 3, (b-a) / h = 0.5, (d-c) / h = 0.5, (c-b) / h = 1, \lambda = 55$ )



**Figure 8a-b**  $\sigma_y(x, 0) / (P / h)$  change of dimensionless stress distribution with block width, swelling ( $\mu_2/\mu_1 = 2, \mu_3/\mu_2 = 0.5, a / h = 3, (c-b) / h = 1, \lambda = 60$ )

The variation of the separation zone according to the load rate is examined in Figure 7a. As seen in the figure, the separation becomes easier and the separation zone increases as the load ratio increases. When the load is increased, the end point of

separation increases in  $l / h$ , while the starting point of separation decreases in  $k / h$  and approaches a fixed value. As seen in Figure 7b, when the load ratio is increased, the separation zone at the interface of the



lower-layer and the elastic semi-endless plane grows and the swelling in this region increases.

In Figure 8a, as the second block width increases, the change in the separation zones at the interface of the lower layer and the elastic semi-infinite plane is observed. Accordingly, as the block width increases, the separation zone becomes smaller. When block widths are increased, initial separation distances and initial separation loads also increase.

Figure 8b shows the variation of swellings at the interface of the lower-layer and elastic semi-endless plane with the width of the 2nd block. According to the figure, as the block width is increased, the separation zone becomes smaller and the swelling occurring in this area decreases. As the block width is increased, the separation zone moves away from the y initial axis.

The following conclusions can be drawn from the study.

## CONCLUSION

In this study, the discontinuous contact problem of two layers with different material properties, loaded with two rigid flat blocks and resting on an elastic semi-infinite plane was solved using linear elasticity theory and the finite element method (FEM). The rectangular rigid block problem has important applications in soil mechanics, especially in predicting the safety of foundations. The blocks can be taken as foundations placed on elastic layers. Larger openings occur when the blocks are close to each other. It can be said that block interactions directly affect the openings. As the distance between blocks increases, separation may occur in more than one area. Usually, the first separation occurs between blocks. Increasing the distance causes the initial separation load and the separation zone to decrease. When the distance exceeds a certain value, the effect of the blocks on each other disappears. While the change in load ratios causes small changes in the

initial separation distances, it causes an increase in the size of the stress and separation zone.

When the first block width is kept constant and the second block width is increased, the first separation distances and the first separation loads increase while the separation zone (swelling) becomes smaller.

In contact problems, the analytical solution is complex and requires lengthy mathematical calculations. The finite element method (FEM) is practical and offers a fast solution.

When compared with the analytical solution results, it is seen that the error rates of the separation distances and swells obtained with FEM are at acceptable levels. For this reason, it can be said that the finite element method (FEM) is an alternative solution to analytical solutions in the solution of discontinuous contact problems.

In later studies, the layers can be functionally graded, the stresses occurring in this case can be calculated, compared with the stresses in the case of linearity, and the advantages and disadvantages can be discussed.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest regarding this article.

## RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

## REFERENCES

- Abhilash, M.N. and Murthy, H. (2014). Finite Element Analysis of 2-d Elastic Contacts Involving FGMs. *Int J Comput Methods Eng Sci Mech*, 15(3), 253–57.
- Adiyaman, G. and Birinci, A. (2018). A General Solution for the Receding Contact Problem of a Functionally Graded Layer Resting on a Winkler Foundation. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics*, 1(3), 136–46.
- Adiyaman G., Öner E. and Birinci A. (2017). Continuous and Discontinuous Contact Problem of a Functionally Graded Layer Resting on a Rigid

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1038088

- Foundation. *Acta Mechanica*, 228(9), 1–15.
- Adıbelli, H., Comez, I. and Erdol, R. (2013). Receding Contact Problem for a Coated Layer and a Half-Plane Loaded by a Rigid Cylindrical Stamp. *Arch. Mech.*, 65(3), 219–36.
- Argatov, I. (2013). Contact Problem for a Thin Elastic Layer with Variable Thickness: Application to Sensitivity Analysis of Articular Contact Mechanics. *Appl. Math. Model.*, 37, 8383–93.
- Bendine, K. and Polat, A. (2020). Numerical Modelling of Piezoelectric Based Energy Harvesting from The Bridge Structure. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(2), 130–39. doi: 10.29132/ijpas.796480.
- Birinci, A., Adiyaman, G., Yaylaci, M. and Öner, E. (2015). Analysis of Continuous and Discontinuous Cases of a Contact Problem Using Analytical Method and FEM. *Latin Am. J. Solids Struct.*, 12, 1771–89.
- Bora P. (2016). The Contact Problem for Two Elastic Layers Loaded by Means of Two Rigid Rectangle Blocks and Resting on an Elastic Half Infinite Plane. Institute of Natural Sciences Karadeniz Technical University, Trabzon.
- Çakıroğlu, A.O. and Çakıroğlu, F. L. (1991). Continuous and Discontinuous Contact Problems for Strips on an Elastic Semi-Infinite Plane. *International Journal of Engineering Science*, 29(1), 99–111.
- Comez, I., Birinci, A. and Erdol, R. (2004). Double Receding Contact Problem for a Rigid Stamp and Two Elastic Layers. *European Journal of Mechanics, A/Solids*, 23(2), 301–9.
- Çömez, I. and Guler, M. A. (2017). The Contact Problem of a Rigid Punch Sliding over a Functionally Graded Bilayer. *Acta Mechanica*, 228, 2237–49.
- Comez, I. (2013). Contact Problem of a Functionally Graded Layer Resting on a Winkler Foundation. *Acta Mechanica*, 224(11), 2833–43.
- Çömez, I. (2010). Frictional Contact Problem for a Rigid Cylindrical Stamp and an Elastic Layer Resting on a Half Plane. *International Journal of Solids and Structures*, 47(7–8), 1090–97.
- Dag, S., Guler, M.A., Yildirim, B. and Ozatag, A. C. (2009). Sliding Frictional Contact between a Rigid Punch and a Laterally Graded Elastic Medium. *International Journal of Solids and Structures*, 46(22–23), 4038–53.
- El-Borgi, S., Abdelmoula, R. and Keer, L. (2006). A Receding Contact Plane Problem between a Functionally Graded Layer and a Homogeneous Lower-layer. *Int. J. Solids Struct.*, 43, 658–74.
- Erdogan, F. and Gupta, G. D. (1972). On the Numerical Solution of Singular Integral Equations. *Quarterly Applied Mathematics*, 30, 525-534.
- Erdoğan F. and Ratwani, M. (1974). The Contact Problem for an Elastic Layer Supported by Two Elastic Quarter Planes. *ASME Journal of Applied Mechanics*, 41, 673–77.
- Etlı, S. (2021). Analytical Evaluation of Behavior of Composite Columns Under Axial Load. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(3), 526–36. doi: 10.29132/ijpas.991166.
- Giannakopoulos, A.E., and Pallot, P. (2000). Two-Dimensional Contact Analysis of Elastic Graded Materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 48(8), 1597–1631.
- Güler, M.A. , Kucuksucu, A., Yilmaz, K.B. and Yildirim, B. (2017). On the Analytical and Finite Element Solution of Plane Contact Problem of a Rigid Cylindrical Punch Sliding over a Functionally Graded Orthotropic Medium. *Int. J. Mech. Sci.*, 120, 12–29.
- Kahya, V., Ozsahin, T.S., Birinci, A. and Erdol, R. (2007). A Receding Contact Problem for an Anisotropic Elastic Medium Consisting of a Layer and a Half Plane. *International Journal of Solids and Structures*, 44(17), 5695–5710.
- Kaya, Y. and Polat, A. (2019). Analytical Solution of Continuous Contact Problem in Functionally Graded Layer Resting on Rigid Plane 3 Rd International Conference on Advanced Engineering Technologies. (October).
- Kaya, Y., Polat, A. and Özşahin, T. Ş. (2020). Analytical and Finite Element Solutions of Continuous Contact Problem in Functionally Graded Layer. *European Physical Journal Plus*, 135(1). doi: 10.1140/epjp/s13360-020-00138-9.
- Keer, L. M., Dondurs, J. and Tsai, K. C. (1972). Problems Involving a Receding Contact between a Layer and a Half Space. *Journal of Applied Mechanics Transactions ASME*, 39(4), 1115–20.
- Keer, Leon M., and Chantaramungkorn, K. (1972). Loss of Contact between an Elastic Layer and Half-Space. *Journal of Elasticity*, 2(3), 191–97. doi: 10.1007/BF00125527.
- Gecit, M.R. and Erdogan, F. (1978). Frictionless Contact Problem for an Elastic Layer under Axisymmetric Loading. *International Journal of Solids and Structures*, 14(9), 771–85.
- Oner, E., Adiyaman, G. and Birinci, A. (2017). Continuous

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1038088

- Contact Problem of a Functionally Graded Layer Resting on an Elastic Half-Plane. Arch. Mech., 69(1), 53–73.
- Oner, E. and Birinci, A. (2014). Continuous Contact Problem for Two Elastic Layers Resting on an Elastic Half-Infinite Plane. J. Mech. Mater. Struct., 9(1), 105–19.
- Ozsahin, T. S. (2007). Frictionless Contact Problem for a Layer on an Elastic Half Plane Loaded by Means of Two Dissimilar Rigid Punches. Structural Engineering and Mechanics, 25(4), 383–403.
- Polat, A., Kaya, Y., and Özşahin, T. Ş. (2018). Analytical Solution to Continuous Contact Problem for a Functionally Graded Layer Loaded through Two Dissimilar Rigid Punches. Meccanica, 53(19), 1–13.
- Polat, A., Kaya, Y., Bendine, K. and Özşahin, T. Ş. (2019). Frictionless Contact Problem for a Functionally Graded Layer Loaded through Two Rigid Punches Using Finite Element Method. Journal of Mechanics, 35(5), 591–600.
- Polat, A., Kaya, Y. and Ozsahin, T. Ş. (2018). Analysis of Frictionless Contact Problem for a Layer on an Elastic Half Plane Using FEM. Duzce Univ J Sci Technology, 6(2), 357–68.
- Polat, A. and Kaya, Y. (2018). Comparison of Fem Solution With Analytical Solution Of. (December).
- Rhimi, M., El-Borgi, S. and Lajnef, N. (2011). A Double Receding Contact Axisymmetric Problem between a Functionally Graded Layer and a Homogeneous Lower-layer. Mechanics of Materials, 43(12), 787–798.
- Urquhart, E.E. and Pindera, M. J. (1994). Incipient Separation Between a Frictionless Flat Punch and an Anisotropic Multilayered Half Plane. International Journal of Solids and Structures, 31(18), 2445–61.
- Volkov, S., Aizikovich, A., Wang, Y.S. and Fedotov, I. (2013). Analytical Solution of Axisymmetric Contact Problem about Indentation of a Circular Indenter into a Soft Functionally Graded Elastic Layer. Acta Mechanica Sinica, 29(2), 196–201.
- Yan, J. and Li, X. (2015). Double Receding Contact Plane Problem between a Functionally Graded Layer and an Elastic Layer. European Journal of Mechanics - A/Solids, 53, 143–50.
- Yang, J. and Ke, L. L. (2008). Two-Dimensional Contact Problem for a Coating-Graded Layer-Lower-layer Structure under a Rigid Cylindrical Punch. International Journal of Mechanical Sciences, 50(6), 985–94.
- Yaylaci M., Oner E. and Birinci A. (2014). Comparison between Analytical and ANSYS Calculations for a Receding Contact Problem. Journal of Engineering Mechanics-ASCE, 140(9), 10.
- Zhupanska, O. I. (2011). Contact Problem for Elastic Spheres: Applicability of the Hertz Theory to Non-Small Contact Areas. International Journal of Engineering Science, 49(7), 576–88.

## Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Adapte Edilen Bazı Tropikal Meyvelerin Biyoaktif Bileşenlerinin ve Antioksidan Kapasitelerinin Analizi

Zehra Tuğba Murathan<sup>1\*</sup>, Zeynep Merve Abacı<sup>2</sup>, Armağan Kaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Malatya, Türkiye

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

<sup>3</sup>Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, Antalya, Türkiye

\*zehra.murathan@ozal.edu.tr<sup>ORCID</sup>, zmaci@gmail.com<sup>ORCID</sup>, armagan.kaya@alanya.edu.tr<sup>ORCID</sup>

Makale gönderme tarihi: 17.03.2022, Makale kabul tarihi: 25.05.2022

### Öz

Türkiye sahip olduğu ekolojik özellikleri sebebiyle birçok bitki türüne ev sahipliği yapmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'nin farklı iklimsel özelliklere sahip olan farklı bölgelerinde yeni meyve türlerinin adaptasyon çalışmaları her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmanın amacı Akdeniz Bölgesine adapte edilen Mango (*Mangifera indica* L.), beyaz (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) ve kırmızı pitaya (*Hylocereus lemairei* (Hook.) Britton & Rose), guava (*Psidium guajava* L.) ve bölgede yaygın olarak yetişen mart inciri (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) meyvelerinin etinde toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde, toplam askorbik asit ve antioksidan kapasitenin (ABTS, DPPH) belirlenmesidir. En yüksek toplam fenolik madde ve toplam flavanoid madde içeriği sırasıyla guava (80.1 mg 100g<sup>-1</sup>) ve mart inciri (4.68 mg 100g<sup>-1</sup>) meyvelerinde; en düşük mango (45.4 mg 100g<sup>-1</sup>) ve beyaz pitaya (0.95 mg 100g<sup>-1</sup>) meyvelerinde tespit edilmiştir. Kırmızı pitaya meyve etinde renk maddelerinin de içerisinde yer aldığı toplam flavanoid madde içeriği beyaz pitaya meyvelerinden daha yüksek bulunmuştur. Toplam askorbik asit içeriği en yüksek olan meyve mart inciri meyvesidir (5.38 mg 100g<sup>-1</sup>). ABTS ve DPPH radikal süpürücü aktiviteler ise guava meyvesinde en yüksek bulunurken, mart inciri meyvesinde en düşük olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan, fenolik, guava, mango, mart inciri, pitaya

## Analysis of Bioactive Components and Antioxidant Capacities of Some Tropical Fruits Adapted to the Mediterranean Region

### Abstract

Turkey is home to many plant species due to its ecological characteristics. However, adaptation studies of new fruit species in different regions of Turkey with different climatic characteristics increases everyday. The aim of this study is to determine the levels of total phenolic substance, total flavonoid substance, total ascorbic acid and antioxidant capacity (ABTS, DPPH) in fruit flesh of Mango (*Mangifera indica* L.), white (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) and red pitaya (*Hylocereus lemairei* (Hook.) Britton & Rose), guava (*Psidium guajava* L.) that are adapted to the Mediterranean Region, and March fig (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) grown widely in the region. It was determined that total phenolic and total flavonoid contents were highest in Guava (80.1 mg/200g) and March fig (4.68 mg/100g) and lowest in mango (45.4 mg/100g) and white pitaya (0.95 mg/100g) fruits. The total flavonoid content, including color substances, in red pitaya fruit flesh was found to be higher than that of white pitaya fruits. The highest total ascorbic acid content was found to be the in the fruit of the March fig (5.38 mg/100g). ABTS and DPPH radical scavenging activities were found to be highest in guava fruit and lowest in march fig fruit.

**Keywords:** Antioxidant, guava, mango, march fig, phenolic, pitaya

## GİRİŞ

Türkiye'nin Akdeniz bölgesinin kıyı kesimleri sahip olduğu ekolojik özellikler nedeniyle birçok tropik meyve türüne ev sahipliği yapmaktadır. Özellikle Antalya ve Mersin illerinin mikroklima özellik gösteren ilçeleri tropik meyve üretiminde ön plana çıkmaktadır (Çelik, 2019). Antalya iline bağlı Gazipaşa ilçesinde son yıllarda farklı türlerdeki tropik meyvelerin üretimi artmıştır. Mango (*Mangifera indica*), beyaz (*Hylocereus undatus*) ve kırmızı pitaya (*Hylocereus lemairei*) ile guava (*Psidium guajava*) bölgede yetiştiriciliği yapılan tropik meyveler arasında yer almıştır. Yetiştiriciliği yapılan bu meyvelerin yanı sıra farklı yörelerde çok değişik isimlerle adlandırılan ancak Alanya bölgesinde mart inciri olarak bilinen *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. bölgede doğal olarak veya insanlar tarafından yetiştirilmektedir (Ak, 2007). Bu meyveler besin değerlerinin yüksek olması ve yüksek antioksidan kapasiteleri nedeniyle özellikle son dönemlerde tüketicilerin dikkatini çekmektedir.

Daha önce yurtdışında yapılan araştırmalar yüksek antioksidan kapasitesi nedeni ile "süper meyve" olarak da tanımlanan guava meyvelerinin fenolik bileşikler ve C vitamini bakımından zengin olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sahip olduğu özellikleri nedeniyle bu meyvenin kan şekeri, kan basıncı ve kolesterolü düzenleyici etkisinin yanı sıra ağrı kesici ve anti inflamatuvar aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Gutiérrez vd., 2008; da Silva Lima vd., 2019).

Artık neredeyse tüm zincir marketlerde rastlanılan mango meyveleri, sahip olduğu askorbik asit, karotenoid ve fenolik madde içeriği nedeniyle yüksek bir antioksidan kapasiteye sahiptir (Shieber vd., 2000; Ribeiro vd., 2007).

Anavatanı Amerika, Güney Meksika, Ekvador, Panama, Brezilya ve Uruguay olan pitaya Türkiye için yeni bir tropik meyve türüdür (Yi-Lu vd., 2015). Ülkemizde ejder meyvesi olarak da bilinen pitaya bitkisinin farklı kısımları gıda ve ilaç sanayisinde kullanılabilir. Bununla birlikte bu bitkinin çiçekleri de yenilebilir özelliktedir ve çay olarak da tüketilebilmektedir. Pitaya, içeriğindeki betasiyanin ve betaksantin pigmentleri nedeniyle doğal gıda renklendiricisi olma özelliği göstermesinin yanı sıra C vitamini, fenolik madde içeriği ve antioksidan özellikleri nedeniyle oldukça değerli bir meyvedir (Mahattanatawee vd., 2006; Wybraniec vd 2007; Jaafar vd 2009).

Dünya genelinde özellikle Avrupa ve Amerika'da üretilen ve tüketilen bir meyve olan ve ülkemizde Ege ve Akdenizin kıyı kesimlerinde yetişebilen mart inciri ise sahip olduğu fenoller, flavonoidler, karotenler, linoleik asit, vitamin ve mineraller sayesinde sadece gıda sektörü için değil, aynı zamanda sağlık sektörü için de önemli bir bitkidir (El-Razek vd. 2011; Ghazi vd., 2015; Wan vd., 2019). Mart inciri nöroprotektif, antiinflamatuvar, hipoglisemik, anti-ülseratif ve antiviral özelliklere sahip olmasından dolayı geleneksel tıpta da kullanılmaktadır (Fрати vd., 1990; Ahmad vd., 1996; Park vd., 1998; Dok-Go vd., 2003; Galati vd., 2003).

Bilindiği gibi son yıllarda insanlar artık sağlıklı ve doğal fonksiyonel gıdalara yönelmişlerdir. Buna bağlı olarak da biyoaktif bileşen içeriği ve antioksidan kapasitesi yüksek olan bitkisel gıdalara talep artmıştır. Antalya ili Gazipaşa ilçesi ılıman iklim yapısı nedeniyle tropik meyve yetiştiriciliğine uygun bir bölgedir. Bu bölgedeki çiftçilerin girişimleri ile yurtdışından getirilen bazı tropik meyvelerin üretimi hobi olarak başlatılıp, zamanla ticari olarak devam etmiştir. Bitkilerin yetiştirildiği bölgenin ekolojik koşulları meyve biyokimyasında değişikliklere neden olmaktadır. Çalışmada kullanılan meyve türlerinin biyolojik özelliklerinin incelendiği, yurtdışında yapılan çalışmalar mevcuttur. Ancak Ülkemiz ekolojik koşullarına adapte edilmiş meyve türlerinin biyolojik özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırmanın amacı Antalya ili Gazipaşa ilçesi ekolojik koşullarında yetiştirilen mango, guava, beyaz ve kırmızı pitaya ve mart inciri meyvelerinin toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde, toplam askorbik asit ve antioksidan kapasitelerini (ABTS, DPPH) belirlemektir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal Temini

Ağustos-Eylül aylarında Antalya ili Gazipaşa ilçesinde bulunan ticari tropik meyve bahçesinden hasat edilen mango, guava, beyaz ve kırmızı pitaya ve mart inciri meyveleri toplanarak polietilen torbalar içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Klimakterik özellik gösteren mango ve guava meyvelerinin olgunlaşması için meyveler oda sıcaklığında 3 gün bekletilmiştir. Diğer meyveler ekstrakt hazırlanıncaya kadar + 4 °C'de bekletilmiştir.

### Ekstraktların Hazırlanması

5'er g meyve eti 50 ml metanolla (%80) homojenize edilerek çalkalamalı inkübatörde, 4 °C'de bir gün bekletilmiştir. Süre sonunda karışım 10 dk 10000 rpm'de santrifüj edilmiş, üste çıkan süpernatant ayrılarak analizler için -20 °C'de saklanmıştır. Toplam askorbik asit analizi için çözücü olarak okzalik asit (%0.4) kullanılmış olup, aynı ekstraksiyon yöntemi uygulanmıştır (Murathan ve Kaya, 2020).

### Toplam Fenolik Madde Analizi

Örneklerin içerdiği fenolik madde değerleri Folin-Ciocalteu metoduna göre tespit edilmiştir (Spanos ve Wrolstad, 1992). Meyve ekstraktı (200 µl), folin-ciocalteu (1000 µl) ve (%7.5) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (800 µl) karışımı reaksiyonun gerçekleşmesi için oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 2 saat inkübe edilmiş ve spektrofotometre ile 750 nm'de ölçüm yapılmıştır. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları gallik asit standart grafiği yardımı ile mg 100g<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Gallik asit stok çözeltisi (100 mg L<sup>-1</sup>) hazırlandıktan sonra 5 farklı konsantrasyonda seyreltme yapılmıştır.

### Toplam Flavanoid Madde Analizi

Örneklerin içerdiği toplam flavanoid madde miktarı Quettier-Deleu vd. (2000) metoduna göre belirlenmiştir. Ekstrakt (1 ml) ve AlCl<sub>3</sub> (1 ml %2'lik) karışımı oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 1 saat inkübe edilmiş ve 415 nm dalga boyunda spektrofotometre ölçüm yapılmıştır. Örneklerin toplam flavanoid madde içeriği quersetin standart grafiği kullanılarak mg 100g<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Quersetin stok çözeltisi (200 mg L<sup>-1</sup>) hazırlandıktan sonra 5 farklı konsantrasyonda seyreltme yapılmıştır.

### Toplam Askorbik Asit Analizi

Örneklerin içerdiği toplam askorbik asit miktarı AOAC (1990) metoduna göre tespit edilmiştir. Ekstrakt (100 µl), okzalik asit (400 µl %0.4'lük) ve 2,6-diklorofenolindofenol (4.5 ml) karışımı oda sıcaklığında 5 dk bekletilmiş ve spektrofotometre ile 520 nm'de ölçüm yapılmıştır. Örneklerin toplam askorbik asit içeriği askorbik asit standart grafiği kullanılarak ile mg 100g<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

### Antioksidan Kapasite Analizi

#### DPPH radikali süpürücü aktivite

Örneklerin DPPH radikali süpürücü aktivitesi Rezaeirad vd. (2013) metoduna göre belirlenmiştir. DPPH çözeltisi (4 ml, 0.1 M) ve ekstrakt (1 ml) karanlık bir ortamda, 30 dk inkübe edilmiş ve 515 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçüm yapılmıştır. %DPPH=(A<sub>kontrol</sub>-A<sub>örnek</sub>)/A<sub>kontrol</sub> x 100 formülü ile DPPH radikal süpürücü aktivite % olarak belirlenmiştir.

#### ABTS radikali süpürücü aktivite

Örneklerin ABTS radikali süpürücü aktivitesi Re vd. (1999) metodunda küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. ABTS (7 mM) ve potasyum per sülfat (2.45 mM) ile hazırlanan stok (1:1) 18 saat karanlık bir ortamda inkübe edildikten sonra absorbans değeri 734 nm'de 0.7 oluncaya kadar metanolla seyreltilmiştir. Ekstrakt (150 µl) ve seyreltilmiş ABTS çözeltisi (2.85 ml) karışımının absorbansı 6 dk inkübasyondan sonra 734 nm'de belirlenmiştir. %ABTS=(A<sub>kontrol</sub>-A<sub>örnek</sub>)/A<sub>kontrol</sub> x 100 formülü ile ABTS radikal süpürücü aktivite % olarak belirlenmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Çalışmada tüm meyve örnekleri için üç tekrarlı analiz yapılmış; ortalama değerler ve standart sapmalar SPSS 22.0 paket programı kullanılarak tespit edilmiştir. Değerler arasındaki farklılıklar Duncan (1955) çoklu karşılaştırma testi ile p<0.05 önem düzeyinde tespit edilmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı tropik meyve türlerinin içerdiği toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde ve toplam askorbik asit değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği sırasıyla mango, kırmızı pitaya, mart inciri, beyaz pitaya ve guava meyvelerinde 45.4, 47.6, 52.7, 56.5, 80.1 mg 100g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Daha önce yapılan farklı araştırmalarda toplam fenolik madde içeriği mango meyve etinde 174-280 mg 100g<sup>-1</sup> (Quiros-Sauceda vd., 2019), 24.44-148.33 mg 100g<sup>-1</sup> (Muralidhara vd., 2019), 33-67 mg 100g<sup>-1</sup> (Rumainum vd., 2018), 0.39 mg g<sup>-1</sup> kuru ağırlık (Hoyos-Arbelaez vd., 2018); guava meyve etinde 175 mg 100g<sup>-1</sup> (Isabelle vd., 2010), 66.1 mg 100g<sup>-1</sup> (Ademiluyi vd., 2016), 24.63 mg 100g<sup>-1</sup> (Souza vd., 2011), 31.80 ile 39.93 mg 100g<sup>-1</sup> (Suwanwong and Boonpangrak, 2021); mart inciri meyve etinde 90.97-

156.77 mg 100g<sup>-1</sup> (Juhaimi vd., 2020), 10-130 mg 100g<sup>-1</sup> (Yahia ve Mondragon-Jacobo, 2011), 3.046-5.370 µg mg<sup>-1</sup> (El Mannoubi, 2021); pitaya meyve

etinde 25-55 mg 100g<sup>-1</sup> (Arivalagan vd., 2021), 58.89 mg 100g<sup>-1</sup> (Moo-Huchin vd. 2014), 6.59-7.97 mg g<sup>-1</sup> (Almulaiky vd., 2018) olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Tropikal meyvelerin bazı biyokimyasal içerikleri

	Toplam Fenolik Madde (mg 100g <sup>-1</sup> )	Toplam Flavanoid Madde (mg 100g <sup>-1</sup> )	Toplam Askorbik Asit (mg 100g <sup>-1</sup> )
<b>Mango</b>	45.4±6.9 <sup>c</sup>	4.16±0.8 <sup>b</sup>	5.29±4.3 <sup>b</sup>
<b>Guava</b>	80.1±1.3 <sup>a</sup>	3.81±1.2 <sup>c</sup>	5.26±2.5 <sup>b</sup>
<b>Beyaz pitaya</b>	56.5±1.5 <sup>b</sup>	0.95±0.46 <sup>d</sup>	5.04±4.3 <sup>c</sup>
<b>Kırmızı pitaya</b>	47.6±1.8 <sup>c</sup>	4.48±0.12 <sup>ab</sup>	4.94±1.4 <sup>d</sup>
<b>Mart inciri</b>	52.7±1.1 <sup>b</sup>	4.68±0.23 <sup>a</sup>	5.38±1.4 <sup>a</sup>

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı belirtmektedir (n=3)

±: SD: Standart sapma

Çalışmada toplam flavanoid madde içeriği beyaz pitaya meyve etinde 0.95, guava meyve etinde 3.81, mango meyve etinde 4.16, kırmızı pitaya meyve etinde 4.48 ve mart inciri meyve etinde 4.68 mg 100g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Senadheera ve Abeysinghe (2015) kırmızı ve beyaz pitaya meyve etlerinde toplam flavanoid madde içeriğinin 26.71-46.29 mg 100g<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Yine Arivalagan vd. (2021) farklı pitaya tür ve çeşitlerinde toplam flavanoid madde içeriğini 15-35 mg 100g<sup>-1</sup>; Moo-Huchin vd. (2014) 25.52 mg 100g<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Genel olarak kırmızı etli pitaya çeşitlerinde beyaz etli olanlara göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Çalışmamızda da toplam flavanoid madde içeriği kırmızı pitaya meyve etinde beyaz pitaya meyve etine oranla daha yüksek bulunmuştur. Almulaiky vd. (2018) Suudi Arabistan'daki iki farklı yerli guava meyve etinde toplam flavanoid madde içeriğinin 1.67 ile 1.90 mg g<sup>-1</sup> arasında olduğunu; Li vd. (2017) 205.94 ile 438.51 mg 100g<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Suwanwong and Boonpangrak (2021) Tayland'da yetiştirilen 3 farklı guava çeşidinin meyve etinde bu değerlerin 36.24 ile 45.84 mg 100g<sup>-1</sup>; El Mannoubi (2021) kırmızı ve sarı mart inciri meyvelerinde 0.417 ve 0.167 µg mg<sup>-1</sup> kuru ağırlık; Romainum vd. (2018) 6 mango çeşidinin meyve etinde 8-22 mg 100g<sup>-1</sup> kuru ağırlık olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada toplam askorbik asit içeriği kırmızı pitaya meyve etinde 4.94, beyaz pitaya meyve etinde 5.04, guava meyve etinde 5.26, mango meyve etinde 5.29, mart inciri meyve etinde 5.38 mg100 g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Kaktüs meyvelerinin yüksek miktarlarda askorbik asit içeriği bilinmektedir

(Mobhammer, 2006). Çalışmamızda da en yüksek askorbik asit değeri mart inciri meyvesinde bulunmuştur. de Wit (2019) *Opuntia ficus-indica* ve *Opuntia robusta* türlerine ait 8 çeşitte toplam askorbik asit içeriğinin 12.11 ile 95.27 mg 100g<sup>-1</sup> arasında olduğunu; Kutı (2004) 0.79 mg 100g<sup>-1</sup>, Cayupan vd. (2011) ise 48 mg 100g<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Suwanwong ve Boonpangrak (2021) Tayland'da yetiştirilen 3 farklı guava çeşidinin meyve etinde toplam askorbik asit içeriğinin 24.13-38.40 mg 100g<sup>-1</sup> olduğunu tespit etmişlerdir. Kırmızı ve beyaz pitaya meyve etlerinde bu değer 2.65-31.05 mg 100g<sup>-1</sup> (Choo ve Yong, 2011) ve 31.11-20.00 mg 100g<sup>-1</sup> (Senadheera ve Abeysinghe, 2015) olarak belirlenmiştir. Yine Thokchom vd. (2019) pitaya meyve etinde toplam askorbik asit içeriğinin 20.5 mg 100g<sup>-1</sup>, Arivalagan vd. (2021) farklı pitaya tür ve çeşitlerinde toplam askorbik asit içeriğini 2.94-5.64 mg 100g<sup>-1</sup> olarak bildirmişlerdir.

Görüldüğü gibi literatürde çalışmamızda tespit edilenden daha yüksek veya daha düşük sonuçlar mevcuttur. Bu farklılıkların meyvelerin yetiştiği ortamların ekolojik farklılıklarından, kültürel işlemlerin farklılıklarından, ekstrakt hazırlanırken kullanılan çözücü farklılıklarından veya yöntemsel farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan meyvelerin antioksidan aktivite değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre en yüksek ABTS radikal süpürücü aktivite değeri guava meyvesinde (% 76.4), en düşük aktivite ise mart inciri meyvesinde görülmüştür. DPPH radikal süpürücü aktivite ise mango, guava ve beyaz pitaya meyvelerinde en yüksek (% 94.1, 94.3 ve 93.5), mart inciri meyvesinde en düşük (% 40.4) bulunmuştur.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1089326

Biyoaktif bileşenler ve askorbik asit yönünden zengin olan mart inciri meyvesinin antioksidan kapasite bakımından düşük bulunması; meyvede antioksidan kapasiteyi artıran ve bu çalışmada analiz edilmeyen başka bileşiklerin ( $\beta$ -karoten, tokoferol vb.) yüksekliğinden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Ribeiro vd. (2008) 4 mango çeşidinin meyve etlerinin DPPH radikal süpürücü aktivitesinin % 39.6 ile 94.2 arasında değiştiğini

bildirmişlerdir. de Wit (2019) *Opuntia ficus indica* ve *Opuntia robusta* türlerine ait 8 çeşitte DPPH radikal süpürücü aktiviteyi % 57.05 ile 83.63; Abou-Ellella ve Ali (2014) mart inciri meyve kabuklarında % 91.7; Al Juhaimi vd. (2020) farklı meyve gelişim dönemlerinde hasat edilen *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. meyvelerinde % 2.55 ile 9.81 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Genel olarak çalışmamızdakine benzer sonuçlar literatürde de bildirilmiştir.

**Tablo 2.** Tropikal Meyvelerin Antioksidan Aktivite Değerleri

	ABTS (%)	DPPH (%)
<b>Mango</b>	65.78±2.2 <sup>b</sup>	94.1±0.5 <sup>a</sup>
<b>Guava</b>	76.4±0.8 <sup>a</sup>	94.3±0.4 <sup>a</sup>
<b>Beyaz pitaya</b>	64.7±0.9 <sup>b</sup>	93.5±0.3 <sup>a</sup>
<b>Kırmızı pitaya</b>	56.7±0.3 <sup>c</sup>	77.5±0.3 <sup>b</sup>
<b>Mart inciri</b>	49.6±1.8 <sup>d</sup>	40.4±1.2 <sup>c</sup>

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler (a-c) istatistiksel olarak farklılığı belirtmektedir (n=3)  
 ±: SD: Standart sapma

## SONUÇ

Çalışılan meyveler arasında guava ve mart incirinde biyoaktif bileşen ve askorbik asit içerikleri yüksek bulunmuştur. Yine her iki metoda göre antioksidan kapasite guava meyvesinde yüksektir. Son yıllarda ülkemizde özellikle Akdeniz Bölgesinde artan üretimine rastladığımız tropik meyveler görünüş, aroma ve lezzetlerinin yanı sıra içerdikleri biyoaktif bileşen ve antioksidan kapasiteleriyle de önem arz etmektedirler. Doğal antioksidanların önem kazandığı günümüzde fonksiyonel gıda olarak değerlendirilen meyve tür ve çeşitliliğinin üretiminin ve tüketiminin artışı teşvik edilmelidir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

Abou-Ellella, F.M. ve Ali, R.F.M. (2014). Antioxidant and Anticancer Activities of Different Constituents Extracted from Egyptian Prickly Pear Cactus (*Opuntia Ficus-Indica*) Peel. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 3 (2), 158.

- Ademiluyi, A.O., Oboh, G., Ogunsuyi, O.B. ve Oloruntoba, F.M. (2016). A Comparative Study on Antihypertensive and Antioxidant Properties of Phenolic Extracts from Fruit and Leaf of Some Guava (*Psidium guajava* L.) Varieties. *Comparative Clinical Pathology*, 25, 363-374.
- Ahmad, A., Davies, J., Randall, S., Skinner, G.R. (1996). Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Research*, 30, 75-85.
- Ak, B.E. (2007). Kaktüs İncirinin (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) Bitki ve Meyve Özellikleri. GAPV. Tarım Kongresi, 17-19 Ekim 2007, Şanlıurfa, s. 466-477.
- Al Juhaimi, F., Ghafoor, K., Uslu, N., Ahmed, I.A.M., Babiker, E.E., Özcan, M.M. ve Fadimu, G.J. (2020). The Effect of Harvest Times on Bioactive Properties and Fatty Acid Compositions of Prickly Pear (*Opuntia ficus-barbarica* A. Berger) Fruits. *Food chemistry*, 303, 125-387.
- Almulaiky, Y., Zeyadi, M., Saleh, R., Baothman, O., Alshawafi, W. ve Al-Talhi, H. (2018). Assessment of Antioxidant and Antibacterial Properties in Two Types of Yemeni Guava Cultivars. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 16, 90-97.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed., pp.1058-1059, Arlington VA.
- Arivalagan, M., Karunakaran, G., Roy, T.K., Dinsha, M., Sindhu, B.C., Shilpashree, V.M. ve Shivashankara, K.S. (2021). Biochemical and Nutritional Characterization of Dragon Fruit (*Hylocereus* species). *Food Chemistry*, 353, 129-426.



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1089326

- Cayupan, C.M.J. ve Nazareno, M.A. (2011). Health-Promoting Substances and Antioxidant Properties of *Opuntia* Sp. Fruits. Changes in Bioactive-Compound Contents during Ripening Process. *Food Chemistry*, 126 (2), 514-519.
- Choo, W.S. ve Yong, W.K. (2011). Antioxidant Properties of Two Species of *Hylocereus* Fruits. *Advances in Applied Science Research*, 2, 418-425.
- Çelik, B. (2019). Bazı Guava Genotiplerinin Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Melezleme Olanaklarının Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- da Silva Lima, R., Ferreira, S.R.S., Vitali, L. ve Block, J.M. (2019). May the Superfruit Red Guava and its Processing Waste Be a Potential Ingredient in Functional Foods?
- de Wit, M., du Toit, A., Osthoff, G. ve Hugo, A. (2019). Cactus Pear Antioxidants: A Comparison between Fruit Pulp, Fruit Peel, Fruit Seeds and Cladodes of Eight Different Cactus Pear Cultivars (*Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13 (3), 2347-2356.
- Dok-Go, H., Lee, K.H., Kim, H.J., Lee, E.H., Lee, J., Song, J.L.Y., Lee, Y.H., Jin, C., Lee, Y.S., Cho, J. (2003). Neuroprotective effects of antioxidative flavonoid, quercetin, (1)- dihydroquercetin and quercetin 3-methyl ether, isolated from *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Brain Research*, 965, 130-136.
- El Mannoubi, I. (2021). Effect of Extraction Solvent on Phenolic Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities of Skin and Pulp of Tunisian Red and Yellow-Orange *Opuntia Ficus Indica* Fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 643-651.
- El-Razek, F.H.A., Hassan, A.A. (2011). Nutritional value and hypoglycemic effect of prickly cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit juice in alloxan-induced diabetic rats. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 356-377.
- Food Research International, 115, 451-459.
- Frati, A.C., Jimenez, E., Ariza, C.R. (1990). Hypoglycemic effect of *Opuntia ficus-indica* in Non-Insulin-dependent Diabetes Mellitus patients. *Phytotherapy Research*, 4(5), 195-197.
- Galati, E.M., Mondello, M.R., Giufferida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S., Taviano, M.F. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 4903-4908.
- Ghazi, Z., Ramdani, M., Tahri, M., Rmili, R., Elmsellem, H. (2015). Chemical composition and antioxidant activity of seeds oils and fruit juice of *Opuntia ficus indica* and *Opuntia dillenii* from Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6 (8), 2338-2345.
- Gutiérrez, R.M.P., Mitchell, S. ve Solis, R.V. (2008). *Psidium guajava*: a Review of its Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 117 (1), 1-27.
- Hoyos-Arbelaez, J., Blandon-Naranjo, L., Vazquez, M. ve Contreras-Calderon, J. (2018). Antioxidant capacity of mango fruit (*Mangifera indica*). An Electrochemical Study as an Approach to the Spectrophotometric Methods. *Food chemistry*, 266, 435-440.
- Isabelle, M., Lee, B.L., Lim, M.T., Koh, W.P., Huang, D. ve Ong, C.N. (2010). Antioxidant Activity and Profiles of Common Fruits in Singapore. *Food Chemistry*, 123 (1), 77-84.
- Jaafar, R.A., Rahman, A.R.B.A., Mahmud, N.Z.C., Vasudevan, R. (2009). Proximate Analysis of Dragon Fruit (*Hylecereus polyhizus*). *American Journal of Applied Sciences*, 6(7), 1341-1346.
- Kuti, J.O. (2004). Antioxidant Compounds from Four *Opuntia* Cactus Pear Fruit Varieties. *Food Chemistry*, 85 (4), 527-533.
- Li, G., Azam, M., Fang, L., Li, J., Jafar, M., Jaskani, M.J., Khan, M., Ali, L. ve Ahmad, T. (2017). Varietal Differences among the Phenolic Contents and Antioxidant Activities of White and Red Fleshed Guava during Maturation and Ripening Stages. *International Journal of Biochemistry Research & Reviews*, 19 (2), 1-9.
- Mahattanatawee, K., Manthey, J.A. Luzio, G. Talcott, S.T. Goodner K., Baldwin, E.A. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 7355-7363.
- Mobhammer, M.R., Stintzing, F.C., Carle, R. (2006). Evaluation of Different Methods for the Production of Juice Concentrates and Fruit Powders from Cactus Pear. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7 (4), 275-287.
- Moo-Huchin, V.M., Estrada-Mota, I., Estrada-Le'on, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vazquez, E., Vargas, M.D.L.V., Sauri-Duch, E. (2014). Determination of Some Physicochemical Characteristics, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Tropical Fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 152, 508-515.
- Muralidhara, B.M., Veena, G.L., Bhattacharjee, A.K. ve Rajan, S. (2019). Antioxidants in Ripe Peel and Pulp of Twelve Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. *Indian Journal of Agricultural Science*, 89, 1580.


Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1089326

- Murathan, Z.T. ve Kaya, A. (2020). Alanya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Hass ve Fuerte Avokado Çeşitlerinin Bazı Fitokimyasal İçerikleri ile Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (6), 1435-1440.
- Park, E.H., Kahng, J.H., Paek, E.A. (1998). Studies on the pharmacological actions of cactus: identification of its anti-inflammatory effect. Archives of Pharmacal Research, 21, 30-34.
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.C., Bailleul, F. ve Trotin, F. (2000). Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Hulls and Flour. Journal of Ethnopharmacology, 72 (1-2), 35-40.
- Quirós-Sauceda, A.E., Sañudo-Barajas, J.A., Vélez-de la Rocha, R. ve Domínguez-Avila, J.A., Ayala-Zavala, J.F., Villegas-Ochoa, M.A., González-Aguilar G.A. (2019). Effects of Ripening on the in Vitro Antioxidant Capacity and Bioaccessibility of Mango cv. 'Ataulfo' phenolics. Journal of Food Science and Technology, 56 (4), 2073-2082.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant Activity Applying An Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. Free Radical Biology and Medicine, 26 (9/10), 1231-1237.
- Rezaeirad, D., Bakhshi, D., Ghasemnezhad, M. ve Lahiji, H.S. (2013). Evaluation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Local Pears (*Pyrus* sp.) in the North of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5 (8), 882-887.
- Ribeiro, S.M.R., Barbosa, L.C.A., Queiroz, J.H., Knödler, M. ve Schieber, A. (2008). Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Brazilian Mango (*Mangifera indica* L.) Varieties. Food Chemistry, 110 (3), 620-626.
- Ribeiro, S.M.R., Queiroz, J.H., de Queiroz, M.E.L.R., Campos, F.M. ve Sant'Ana, H.M.P. (2007). Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) Pulp. Plant Foods for Human Nutrition, 62 (1), 13-17.
- Rumainum, I.M., Worarad, K., Srilaong, V. Ve Yamane, K. (2018). Fruit Quality and Antioxidant Capacity of Six Thai Mango Cultivars. Agriculture and Natural Resources, 52 (2), 208-214.
- Senadheera, P.N.M.K. ve Abeysinghe, D.C. (2015). Bioactive Compounds and Total Antioxidant Capacity of Different Tissues of Two Pitaya (Dragon Fruit) Species Grown in Sri Lanka. Journal of Food and Agriculture, 8 (1 - 2), 33-40.
- Shieber, A., Ulrich, W. ve Carle, R. (2000). Characterization of Polyphenols in Mango Puree Concentrate By HPLC With Diode Array and Mass Spectrometric Detection. Innovative Food Science and Emerging Technology, 1, 161-166.
- Souza, M.S.B., Vieira, L.M., Silva, M.J. ve Lima, A. (2011). Caracterização Nutricional E Compostos Antioxidantes Em Resíduos De Polpas De Frutas Tropicais. Ciência e Agrotecnologia, 35 (3), 554-559.
- Spanos, G.A. ve Wrolstad, R.E. (1992). Phenolic of Apple, Pear and White Grape Juices and Their Changes with Processing and Storage. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 40 (9), 1478-1487.
- Suwanwong, Y. ve Boonpangrak, S. (2021). Phytochemical Contents, Antioxidant Activity, and Anticancer Activity of Three Common Guava Cultivars in Thailand. European Journal of Integrative Medicine, 42, 101290.
- Thokchom, A., Hazarika, B.N. ve Angami, T. (2019). Dragon Fruit-an Advanced Potential Crop for Northeast India. Agriculture & Food: e-Newsletter. 1 (4), 253-254.
- Wan, J., Chakraborty, T., Xu, C.C., Madhumita, B.R. (2019). Treatment train for tailings pond water using *Opuntia ficus-indica* as coagulant, Separation and Purification Technology, 211, 448-455.
- Wybraniec, S., Nowak-Wydra, B., Mitka, K., Kowalski, P., Mizrahi, Y. (2007). Minor betalains in fruits of *Hylocereus* species. Phytochemistry, 68, 251-259.
- Yahia, E.M., Mondragon-Jacobo, C. (2011). Nutritional Components and Anti-Oxidant Capacity of Ten Cultivars and Lines of Cactus Pear Fruit (*Opuntia* Spp.). Food Research International, 44, 2311-2318.
- Yi-Lu, J., Pi-Chuan, L., Pao-Hsuan, H.F. (2015). Improving pitaya production and marketing. International Workshop Proceedings, 7-9 September Fengshan, Kaohsiung, Taiwan.

## Güncel Metasezgisel Yöntemlerin Standart Kalite Testi Fonksiyonlarında Karşılaştırılması

Osman Altay

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

osman.altay@cbu.edu.tr 

Makale gönderme tarihi:08.02.2022, Makale kabul tarihi:24.05.2022

### Öz

Metasezgisel yöntemler genellikle doğadan ilham alınarak oluşturulmuş algoritmalarlardır. Bu yöntemler özellikle karmaşık problemlerin çözümünde oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir. Önerilen yöntemlerin performansları, uygulanan probleme göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada son dönemlerde ortaya çıkmış ve popüler olan Harris Şahin Optimizasyon Algoritması, Serçe Arama Algoritması, Çoklu Evren Optimizasyonu, Deniz Avcıları Algoritması ve Coot Optimizasyon Algoritması detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu algoritmalar 23 standart kalite testi fonksiyonlarında analiz edilmiştir. Analiz edilen fonksiyonlar tek modlu kalite testi fonksiyonları, çok modlu kalite testi fonksiyonları, karmaşık boyutlu çok modlu kalite testi fonksiyonlarından oluşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Metasezgisel algoritmalar, kalite testi fonksiyonları, global optimizasyon

## Comparison of Current Metaheuristic Methods in Standard Benchmark Functions

### Abstract

Metaheuristic methods are generally algorithms inspired by nature. These methods produce very successful results especially in solving complex problems. The performances of the proposed methods vary according to the applied problem. In this study, the recently emerged and popular Harris Hawk Optimization Algorithm, Sparrow Search Algorithm, Multi-verse Optimization, Marine Predators Algorithm and Coot Optimization Algorithm are examined in detail. These algorithms were analyzed in 23 standard benchmark functions. The analyzed functions consist of unimodal benchmark functions, multimodal benchmark functions, fixed dimension multimodal benchmark functions.

**Keywords:** Metaheuristic algorithms, benchmark functions, global optimization

### GİRİŞ

Optimizasyon, belirli bir probleme en uygun çözümü bulma sürecidir. Ayrık, sürekli, statik, dinamik, tek amaçlı, çok amaçlı problemler gibi çeşitli optimizasyon türleri vardır (Dhiman & Kumar 2018). Bu problemler genellikle doğrusal olmayan kısıtlamalar, geniş çözüm alanı ve yüksek hesaplama maliyeti, boyutunun artması ile çözülmesi zor bir hal alabilmektedir. Bu problemlerin geleneksel yöntemlerle çözülmesi çok fazla zaman almaktadır ve elde edilen çözümler genellikle gerçek problemler için fizibilite ve doğruluk gereksinimlerini tam olarak karşılayamayan yerel optimal çözümlerdir (Dhiman ve Kumar, 2019). Bu nedenle bilim adamları klasik optimizasyon yöntemlerine alternatif olarak

geleneksel optimizasyon tekniklerinin sınırlamalarını aşmak için doğadan ilham alan metasezgisel algoritmaları geliştirmeyi ve kullanmayı başarmışlardır (Blum ve Roli, 2003; Weise, 2011; Yang, 2010). Metasezgisel algoritmalar hızlı olmaları, tutarlılıkları ve optimuma yakın çözüm doğruluğu ile tanınırlar ve son 20 yıldır oldukça popüler bir hale gelmişlerdir. Şaşırtıcı bir şekilde Genetik Algoritma (GA) (Bonabeau vd., 1999), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) (Kennedy ve Eberthan, 1995), Karınca Koloni Optimizasyonu (KKO) (Dorigo vd., 2006) gibi bazı yöntemler sadece bilgisayar bilimcileri arasında değil, birçok farklı alanda da oldukça iyi bilinmekte ve etkili bir şekilde

kullanılmaktadır. Metasezgisel yöntemlerin bu kadar yaygın ve popüler hale gelmesi dört ana nedenle özetlenebilmektedir. Bunlar basitlik, esneklik, türev gerektirmeyen mekanizma ve optimumdan kaçınmadır.

Metasezgisel yöntemler oldukça basittir ve çoğunlukla çok basit kavramlardan ilham alarak ortaya çıkmaktadırlar. İlham kaynakları genel olarak fizik kanunları, hayvanların davranışları veya evrimsel kavramlarla ilgilidir. Basitlik, bilgisayar bilimcilerinin farklı doğal kavramları simüle etmesine, yeni metasezgisel yöntemler önermesine, iki veya daha fazla metasezgisel yöntemi hibritleşirmesine veya mevcut metasezgisel yöntemleri geliştirmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, basitlik, diğer bilim adamlarının metasezgisel yöntemleri hızlı bir şekilde öğrenmelerine ve bunları problemlerine uygulamalarına yardımcı olmaktadır. İkincisi, esneklik, algoritmanın yapısında herhangi bir özel değişiklik olmaksızın metasezgisel yöntemlerin farklı problemlere uygulanabilirliğini ifade etmektedir. Metasezgisel yöntemler, problemleri çoğunlukla kara kutular olarak kabul ettikleri için farklı problemlere kolaylıkla uygulanabilmektedir. Başka bir deyişle, bir sistemin yalnızca girdileri ve çıktuları bir metasezgisel yöntem için önemlidir. Bu nedenle, bir tasarımcının tek ihtiyacı, problemini metasezgisel olarak nasıl temsil edeceğini bilmektir. Üçüncüsü, metasezgisel yöntemler türev gerektirmeyen bir mekanizmaya sahiptir. Gradyan tabanlı optimizasyon yaklaşımlarının aksine, metasezgisel yöntemler problemleri stokastik olarak optimize ederler. Optimizasyon süreci rastgele çözümler ile başlar ve optimumu bulmak için arama uzaylarının türevini hesaplama ihtiyacı duymaz. Son olarak, metasezgisel yöntemler, geleneksel optimizasyon tekniklerine kıyasla yerel optimumdan kaçınma konusunda üstün yeteneklere sahiptir. Bunun nedeni, yerel çözümlerde durgunluktan kaçınmalarına ve tüm arama uzayını kapsamlı bir şekilde aramalarına izin veren metasezgisellerin stokastik doğasıdır. Gerçek problemlerin arama uzayı genellikle bilinmez ve çok sayıda yerel optima ile çok karmaşıktır, bu nedenle metasezgisel yöntemler bu zorlu gerçek problemleri optimize etmek için iyi seçeneklerdir (Mirjalili vd., 2014).

Genel amaçlı metasezgisel yöntemler, bitki, biyoloji, fizik, kimya, matematik, müzik, sürü, spor, sosyal, su ve melez tabanlı olmak üzere 11 kategoride

incelenabilir (Altay ve Alatas, 2019). Köklü ağaç optimizasyonu (Labbi vd., 2016) bitki tabanlı, GA ve DA biyoloji tabanlı, merkezi kuvvet algoritması (Xing ve Gao, 2014) ve büyük çöküş algoritması (Kripta vd., 2008) fizik tabanlı, yapay atom algoritması (Karcı, 2012) kimya tabanlı, sinüs kosinüs algoritması (Mirjalili, 2016) matematik tabanlı, harmoni arama algoritması (Geem vd., 2001) müzik tabanlı, lig şampiyonası (Kashan, 2009) algoritması spor tabanlı, beyin fırtınası algoritması (Shi, 2011) sosyal tabanlı, su buharlaştırma algoritması (Kaveh ve Bakhshpoori, 2016) su tabanlı yöntemlere örnek olarak verilebilir. Bu yöntemlerin performanslarının incelendiği çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Altay ve Alatas, 2020b; Kızılluk ve Can, 2021).

Metasezgisel algoritmaların kendilerine özgü türleri olmasına rağmen, tüm bu algoritmaların iki ortak aşaması vardır. Bunlar keşif ve sömürü aşamasıdır. Keşif aşaması, algoritmanın belirli bir uygulanabilir bölgede farklı umut vaat eden alanları araştırmasını sağlar ve algoritmanın yerel optimumdan kaçınma yeteneğini belirler. Daha güçlü keşif yeteneğine sahip bir algoritmanın yerel optimumdan kaçınması daha kolay olacaktır. Sömürü aşaması, algoritmanın keşif aşamasında elde edilen umut verici alanda küresel optimumu daha fazla aramasını sağlamaktadır (Altay ve Alatas, 2021). Algoritmanın daha yüksek bir kullanım kapasitesine sahip olması, daha doğru optimal çözümler getirecektir. Bu nedenle algoritma performansının iyileştirilmesinde bu iki aşama arasındaki dengenin sağlanabilmesi, büyük önem arz etmektedir (Altay ve Alatas, 2020a; Altay, 2021). Tüm optimizasyon problemlerini verimli bir şekilde çözmek için kullanılacak en iyi optimizasyon algoritması yoktur. Bu no free lunch (NFL) teoremi ile mantıksal olarak kanıtlanmıştır (Ho vd., 2002). Başka bir deyişle, belirli bir metasezgisel yöntem, bir dizi problemde çok umut verici sonuçlar gösterebilir, ancak aynı algoritma, farklı bir dizi problemde düşük performans gösterebilir. Bu teorem; metasezgisel yöntemlerin çalışma alanını oldukça aktif hale getirmektedir ve bu da mevcut yaklaşımların geliştirilmesi ve her yıl yeni metasezgisel yöntemler ortaya çıkmasıyla sonuçlanmaktadır. Literatür incelendiğinde de yüzlerce hatta binlerce optimizasyon yönteminin olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile son zamanlarda ortaya çıkmış Harris şahin optimizasyonu, serçe arama algoritması, çoklu evren

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1070287

optimizasyonu ve coot optimizasyonu 23 tane klasik kalite testi fonksiyonlarında performansları karşılaştırılmıştır.

Makalenin geri kalan kısmı şu şekilde planlanmıştır. İkinci bölümde güncel metasezgisel algoritmaların çalışma prensipleri ve sözde kodları ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Üçüncü bölümde 23 klasik kalite testi fonksiyonlarının özellikleri ve tanımları verilmiş olup deneysel sonuçlara yer verilmiştir. Son bölüm olan dördüncü bölümde ise sonuçlar kısmı yer almaktadır.

## GÜNCEL METASEZGİSEL YÖNTEMLER

Bu bölümde bu çalışmada kullanılan algoritmalar tanıtılmış ve çalışma prensipleri hakkında bilgiler verilmiştir.

### Harris Şahin Optimizasyonu (HŞO)

Heidari ve arkadaşları (2019) Harris şahinlerinin davranışlarından ve avcılık modelinden esinlenen popülasyon tabanlı metasezgisel bir optimizasyon algoritması önermişlerdir. HŞO optimal çözümleri bulmak için karmaşık arama uzaylarını keşfedebilen stokastik bir algoritmadır. HŞO'nun temel adımları, çeşitli enerji durumlarına göre elde edilebilmektedir. Keşif aşaması, Harris şahininin avı doğru bir şekilde izleyemediği durumlardaki mekanizmayı simüle eder. Böyle bir durumda şahinler yeni avın izini sürmek ve bulmak için ara verirler. HŞO yönteminde aday çözümler şahinlerdir ve her adımda en iyi çözüm avdır ( $X_{rabbit}$ ). Şahinler rastgele farklı konumlara yerleşirler ve Denklem (1)'de verilen  $q$  olasılığına göre seçilen iki operatör kullanarak avlarını beklerler.  $q < 0.5$  olduğunda şahinlerin diğer popülasyon üyelerinin ve avın (örneğin tavşan) bulunduğu yere yerleştiğini göstermektedir.  $q \geq 0.5$  olduğu durumlarda şahinler popülasyon aralığında rastgele konumlardadır. Keşif aşaması Denklem (1)'deki gibidir.

$$X(t+1) = \begin{cases} X_{rand}(t) - r_1 |X_{rand}(t) - 2r_2 X(t)|, & q \geq 0.5 \\ (X_{rabbit}(t) - X_m(t)) - r_3(LB + r_4(UB - LB)), & q < 0.5 \end{cases} \quad (1)$$

$X(t+1)$ ,  $t$ . iterasyondaki şahinlerin konum vektörüdür.  $X_{rabbit}$ , avın en iyi konumunu,  $X(t)$  şahinlerin mevcut konum vektörünü,  $r_1, r_2, r_3, r_4$  ve  $q$  değerleri 0 ile 1 arasında rastgele sayılardır ve her iterasyonda güncellenmektedir.  $LB$  ve  $UB$  değişkenlerin üst ve alt sınırlarını,  $X_{rand}(t)$  mevcut

popülasyondan rastgele seçilmiş bir şahin,  $X_m$  mevcut şahin popülasyonunun ortalama konumunu temsil etmektedir ve Denklem (2)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$X_m(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) \quad (2)$$

Burada  $X_i(t)$ ,  $t$ . iterasyondaki her şahinin konumunu,  $N$  toplam şahin sayısını temsil etmektedir. Keşiften sömürüye iyi bir geçiş gereklidir, burada avın kaçış davranışı sırasında önemli ölçüde azalan enerji faktörüne dayanan farklı simüle edilmiş sömürü davranışlar arasında bir geçiş olması beklenmektedir. Avın enerjisi Denklem (3)'teki gibi modellenmiştir.

$$E = 2E_0 \left(1 - \frac{t}{\max\_t}\right) \quad (3)$$

Burada  $E$  avın kaçan enerjisini,  $E_0$  enerjinin ilk durumunu,  $t$  mevcut iterasyon sayısını,  $\max\_t$  maksimum iterasyon sayısını temsil etmektedir. HŞO'da  $E_0$  her iterasyonda  $(-1, 1)$  aralığı arasında rastgele değişmektedir.  $E_0$  değeri 0'dan -1'e düştüğü zaman tavşan fiziksel olarak işaretlenirken,  $E_0$  değeri 0'dan 1'e yükseldiği zaman tavşan (av) güçleniyor demektir. Dinamik kaçış enerjisi  $E$  iterasyonlar sırasında azalan bir eğilime sahiptir. Kaçan enerji  $|E| \geq 1$  olduğunda şahinler bir tavşanın yerini keşfetmek için farklı bölgeleri aramaktadır. Dolayısıyla HŞO keşif aşamasını gerçekleştirmektedir ve  $|E| < 1$  olduğu zaman, algoritma sömürü aşaması boyunca çözümlerin komşuluğundan yararlanmaya çalışmaktadır. Kısacası  $|E| \geq 1$  olduğu zaman keşif aşaması  $|E| < 1$  olduğu zaman ise sömürü aşaması gerçekleşmektedir.  $p$  eşit koşullar altında değerlendirildiğinde  $p \geq 0.5$  olduğu durumlar başarılı  $p < 0.5$  olduğu durum başarısız olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca avcının (tavşan) enerjisine bağlı olarak şahinler  $|E| \geq 0.5$  olduğunda yumuşak  $|E| < 0.5$  olduğunda sert bir kuşatma gerçekleştirecektir. Yumuşak kuşatma denklemleri aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$X(t+1) = \Delta X(t) - E |J \cdot X_{rabbit}(t) - X(t)| \quad (4)$$

$$\Delta X(t) = X_{rabbit}(t) - X(t) \quad (5)$$

$$J = 2(1 - rand) \quad (6)$$

$\Delta X(t)$ , şahin ve tavşanın pozisyonları arasındaki farktır. Tavşanın rastgele atlama gücü  $J$ , rastgele bir sayı kullanılarak çizilmektedir. Sert kuşatma denklemi Denklem (7)'deki gibidir.

$$X(t+1) = X_{rabbit}(t) - E|\Delta X(t)| \quad (7)$$

$p < 0.5$  ve  $|E| \geq 0.5$  olduğu durumlarda tavşan başarıyla hücum edebildiğinden, aşamalı hızlı dalışlarla yumuşak kuşatma yapar. Şahin mümkün olan en iyi dalışı seçmektedir. Levy flight avın birbirini takip etmesinde kullanılmaktadır. Dalışın iyi olup olmadığına karar vermek için de Şahinin bir sonraki hareketi aşağıdaki denklemler kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$Y = X_{rabbit}(t) - E|J \cdot X_{rabbit}(t) - X(t)| \quad (8)$$

Önceki dalış faydalı değilse şahin Levy flight modelini kullanarak dalış yapmaktadır. Kullandığı model Denklem (9)'daki gibidir:

$$Z = Y + S \times LF(D) \quad (9)$$

Burada  $D$  problemin boyutudur ve  $S$   $1 \times D$  boyutunda rastgele bir vektördür. Levy flight fonksiyonu ( $LF$ ) Denklem (10) kullanılarak hesaplanan yük uçuş fonksiyonudur.

$$LF(x) = 0.001 \times \frac{u \times \sigma}{|v|^{\frac{1}{\beta}}}, \quad \sigma = \left( \frac{r(1+\beta) \times \sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)}{r\left(\frac{1+\beta}{2}\right) \times \beta \times 2^{\left(\frac{\beta-1}{2}\right)}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (10)$$

Burada  $u$  ve  $v$ , 0 ile 1 arasında rastgele değerlerdir  $\beta$ , 1.5 olan bir sabittir. Bu nedenle şahinlerin pozisyonlarını güncellemek için son strateji yumuşak kuşatma aşaması Denklem (11) ile gerçekleşmektedir.

$$X(t+1) = \begin{cases} Y, & \text{if } F(Y) < F(X(t)) \\ Z, & \text{if } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (11)$$

$p < 0.5$  ve  $|E| < 0.5$  olduğu durumlarda tavşanın kaçmak için yeterli enerji yoktur ve avı yakalamak ve öldürmek için sürpriz saldırıdan önce sert bir kuşatma yapmaktadır. Burada yumuşak kuşatma gibi Denklem (9) ve Denklem (11) aynıdır.

$Y$  değerinin hesaplanması farklıdır.  $Y$  değerinin denklemi Denklem (12)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Y = X_{rabbit}(t) - E|J \cdot X_{rabbit}(t) - X_m(t)| \quad (12)$$

HŞO'nun sözde kodları Şekil 1' de gösterilmiştir (Altay ve Altay, 2021).

```

Şahinlerin başlangıç popülasyonunun ayarlanması
 $X_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 
while ( $t < \text{maksimum iterasyon sayısı}$ )
  Her bir arama ajanının uygunluk değerini hesapla
   $X_{rabbit}$ 'i avın en iyi konum olarak ayarla
  for her bir arama ajanı
     $E_o$  ve  $j$  parametrelerini güncelle
    Denklem (3)'te kullanılan  $E$  değerini güncelle
    if ( $|E| \geq 1$ )
      Denklem (1)'i kullanarak konum vektörünü
      güncelle
    end if
    if ( $|E| < 1$ )
      if ( $p \geq 0.5$  ve  $|E| \geq 0.5$ )
        Denklem (4)'ü kullanarak konum
        vektörünü güncelle
      else if ( $p \geq 0.5$  ve  $|E| < 0.5$ )
        Denklem (7)'yi kullanarak konum
        vektörünü güncelle
      else if ( $p < 0.5$  ve  $|E| \geq 0.5$ )
        Denklem (11)'i kullanarak konum
        vektörünü güncelle
      else if ( $p < 0.5$  ve  $|E| < 0.5$ )
        Denklem (11)'i kullanarak konum vektörünü
        güncelle
    end if
    end if
     $t = t + 1$ 
  end while
return  $X_{rabbit}$ 

```

Şekil 1. HŞO algoritmasının sözde kodu

### Serçe Arama Algoritması (SAA)

Serçelerin grup bilgeliği, yiyecek arama ve yırtıcılığa karşı davranışlarından esinlenerek ortaya çıkmış yeni bir sürü optimizasyonu yaklaşımı olan serçe arama algoritması (SAA) Xue ve Shen tarafından 2020 yılında önerilmiştir. Serçeler, iyi bir hafızaya sahip akıllı bir sosyal yaratık olduğu için, serçe popülasyonunun yiyecek arama sürecinde bazı biyolojik özellikleri vardır:

(1) Serçe popülasyonu genellikle üretici ve tüketici olarak adlandırılan iki türe ayrılmaktadırlar. Üreticilerin yiyecek kaynakları aramak için daha

geniş bir arama alanı varken, tüketiciler üreticiler sayesinde yiyecek bulmaktadır.

(2) Serçe avcısını tespit ettiğinde, bireyler endişe verici sinyaller olarak cıvılamaya başlarlar. Alarm değeri güvenlik eşiğinden büyük olduğunda, üreticilerin tüm tüketicileri güvenli alana yönlendirmesi gerekmektedir.

(3) Serçeler daha güçlü bir anti-predasyon kabiliyetine sahiptir ve bazı serçeler, yiyecek arama sürecinde yırtıcılardan kaçınmak için izci olarak seçilmektedir.

(4) Üreticiler ve tüketiciler, daha iyi bir besin kaynağı elde etmek için dinamik olarak dönüştürülebilir.

(5) Tüketiciler her zaman üreticiler tarafından sağlanan daha iyi bir besin kaynağı bulabilirler ve hatta bazı tüketiciler daha fazla yiyecek almak için üreticileri izlerler.

Simülasyon deneyinde, yiyecek bulmak için sanal serçeler kullanılmaktadır. Serçelerin konumu da aşağıdaki matriste gösterilmektedir:

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,d} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,d} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & x_{n,d} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Burada  $n$  serçe sayısıdır  $d$  optimize edilecek değişkenlerin boyutu göstermektedir. Daha sonra tüm serçelerin uygunluk değerleri Denklem (14)'teki vektörle ifade edilmektedir.

$$F(x) = \begin{bmatrix} f(|x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,d}|) \\ f(|x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,d}|) \\ \dots & \dots & \dots \\ f(|x_{n,1} & x_{n,2} & x_{n,d}|) \end{bmatrix} \quad (14)$$

SAA'da, daha iyi uygunluk değerlerine sahip üreticiler, arama sürecinde yiyecek elde etme önceliğine sahiptir. Üreticiler yiyecek aramak ve tüm nüfusun hareketine rehberlik etmekten sorumludur. Bu nedenle üreticiler, tüketicilerden daha geniş bir yer yelpazesinde yiyecek arayabilirler. Kural (1) ve (2)'ye göre, her iterasyon sırasında üreticinin konumu Denklem (15)'teki gibi güncellenmektedir.

$$X_{i,j}^{t+1} = \begin{cases} X_{i,j}^t \times \exp\left(\frac{-i}{a \cdot \max\_t}\right), & \text{if } R_2 < ST \\ X_{i,j}^t + Q \times L, & \text{if } R_2 \geq ST \end{cases} \quad (15)$$

Burada  $t$  iterasyon sayısını,  $j = 1,2,3, \dots, d$ .  $X_{i,j}^t$   $t$  iterasyonunda  $i$ . serçenin  $j$ . boyutunun değerini temsil etmektedir.  $\alpha \in (0, 1]$  rastgele bir sayıdır.  $R_2$  ( $R_2 \in [0, 1]$ ) ve  $ST$  ( $ST \in [0.5, 1.0]$ ) sırasıyla alarm değerini ve güvenlik eşiğini temsil etmektedir.  $Q$ , normal dağılıma uyan rastgele bir sayıdır.  $L$ , içindeki her elemanın 1 olduğu  $1 \times d$  matrisini göstermektedir.

$R_2 < ST$  olması, etrafta yırtıcı hayvanın olmadığı ve üreticilerin geniş arama moduna geçtiği anlamına gelmektedir.  $R_2 \geq ST$  olması ise, bazı serçelerin avcısını keşfettiği ve tüm serçelerin hızla diğer güvenli alanlara uçuşması gerektiği anlamına gelmektedir.

Tüketiciler üreticileri izlemektedirler. Üreticinin iyi yiyecek bulduğunu öğrendiklerinde, yiyecek için rekabet etmek için hemen mevcut konumlarını terk ederler. Tüketiciler için konum güncelleme formülü Denklem (16)'daki gibidir.

$$X_{i,j}^{t+1} = \begin{cases} Q \times \exp\left(\frac{X_{worst}^t - X_{i,j}^t}{i^2}\right), & \text{if } i < n/2 \\ X_{i,j}^{t+1} + |X_{i,j}^t - X_{i,j}^{t+1}| \times A^+ \times L, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

Burada  $X_p$  üretici tarafından işgal edilen en uygun konumdur.  $X_{worst}$  mevcut küresel en kötü konumu belirtmektedir.  $A$ , içindeki her öğeye rastgele 1 veya -1 atandığı ve  $A^+ = A^T (AA^T)^{-1}$  olduğu  $1 \times d$  matrisini temsil etmektedir.  $i > n/2$  olduğunda, daha kötü uygunluk değerine sahip  $i$ . tüketicinin büyük olasılıkla açlıktan ölmek üzere olduğunu göstermektedir.

Simülasyon deneyinde tehlikenin farkında olan bu serçelerin toplam popülasyonun %10 ila %20'sini oluşturduğu varsayılmaktadır. Bu serçelerin başlangıç konumları popülasyonda rastgele oluşturulmaktadır. Matematiksel modeli ise Denklem (17)'deki gibi ifade edilmektedir:

$$X_{i,j}^{t+1} = \begin{cases} X_{best}^t + \beta \times |X_{i,j}^t - X_{best}^t|, & \text{if } f_i > f_g \\ X_{i,j}^t + K \times \left(\frac{|X_{i,j}^t - X_{worst}^t|}{(f_i - f_w) + \epsilon}\right), & \text{if } f_i = f_g \end{cases} \quad (17)$$

Burada  $X_{best}$  mevcut küresel en uygun konumdur. Adım boyutu kontrol parametresi olarak  $\beta$ , ortalama değeri 0 ve varyansı 1 olan rasgele sayıların normal dağılımıdır.  $K \in [-1, 1]$  rastgele

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1070287

bir sayıdır.  $f_i$  mevcut serçenin uygunluk değeridir.  $f_g$  ve  $f_w$  sırasıyla mevcut küresel en iyi ve en kötü uygunluk değeridir.  $\varepsilon$  sıfır bölme hatasından kaçınmak için en küçük sabittir. SAA'nın sözde kodları Şekil 2'de gösterilmiştir.

```

Serçelerin başlangıç popülasyonunun ayarlanması
while (t < maksimum iterasyon sayısı)
  Uygunluk değerlerini sırala ve mevcut en iyi ve en
  kötü bireyi bul
  R2 = rand(1)
  for i= 1: üretici sayısı
    Denklem (15)'i kullanarak serçenin konumunu
    güncelle
  end for
  for i= 1: (üretici sayısı+1):Serçe sayısı
    Denklem (16)'yı kullanarak serçenin konumunu
    güncelle
  end for
  for i= 1: tehlikeyi algılayan serçe sayısı
    Denklem (17)'yi kullanarak serçenin konumunu
    güncelle
  end for
  Geçerli yeni konumu al
  Yeni konum öncekinden iyiyse güncelle
  t = t + 1
end while
return Xbest

```

Şekil 2. SAA'nın sözde kodları

### Çoklu Evren Optimizasyonu (ÇEO)

Çoklu evren optimizasyonu (ÇEO), kozmoloji kavramından esinlenerek Mirjalili ve arkadaşları (2016) tarafından önerilmiş metasezgisel yöntemlerden biridir. Arama uzaylarını keşfetmek için beyaz delik ve kara delik kavramlarını kullanmışlardır. Buna karşılık solucan delikleri ÇEO'nun arama alanlarından faydalanmasına yardımcı olmaktadır. Her çözümün bir evrene benzediğini ve çözümdeki her değişkenin o evrendeki bir nesne olduğunu varsaymışlardır. Bunlara ek olarak, her çözüme çözümün karşılık geldiği uygunluk fonksiyonu değeriyle orantılı olan enflasyon oranı atamışlardır. Optimizasyon sırasında ÇEO'nun evrenlerine aşağıdaki kurallar uygulanmıştır.

1. Enflasyon oranı ne kadar yüksekse, kara deliklere sahip olma olasılığı o kadar düşüktür.
2. Enflasyon oranı ne kadar yüksekse, beyaz deliklere sahip olma olasılığı o kadar yüksektir.

3. Daha yüksek enflasyon oranına sahip evrenler, nesnelere beyaz deliklerden gönderme eğilimindedir.
4. Daha düşük enflasyon oranına sahip evrenler, kara deliklerden daha fazla nesne alma eğilimindedir.
5. Tüm evrenlerdeki nesnelere, enflasyon oranından bağımsız olarak solucan delikleri aracılığıyla en iyi evrene doğru rastgele hareketle karşı karşıya kalabilir.

ÇEO'da solucan deliği tünelleri her zaman o ana kadar sağlanan en iyi evren ile bir evren arasında kurulmaktadır. Bu mekanizma matematiksel olarak Denklem (18)'deki gibi tanımlanabilir.

$$x_i^j = f(x) = \begin{cases} X_j + TDR \times ((ub_j - lb_j) \times r4 + lb_j) & r3 < 0.5 \\ X_j - TDR \times ((ub_j - lb_j) \times r4 + lb_j) & r3 > 0.5 \end{cases}, \begin{cases} r2 < WEP \\ x_i^j, r2 \geq WEP \end{cases} \quad (18)$$

$X_j$  o ana kadar oluşturulmuş en iyi evrenin  $j$ . parametresini, Seyahat mesafe oranı ( $TDR$ ) bir katsayı, solucan deliği varoluş olasılığı ( $WEP$ ) başka bir katsayı,  $lb_j$   $j$ . Değişkenin alt sınırını,  $ub_j$   $j$ . Değişkenin üst sınırını,  $x_i^j$   $i$ . evrenin  $j$ . parametresini,  $r2$ ,  $r3$  ve  $r4$ , 0 ile 1 arasında oluşturulmuş rastgele sayıları ifade etmektedir.

$$WEP = WEP_{min} + iter \times \left( \frac{WEP_{max} - WEP_{min}}{Maxiter} \right) \quad (19)$$

Burada  $WEP_{min}$   $WEP$ 'nin minimum değeridir,  $WEP_{max}$   $WEP$ 'nin maksimum değeridir,  $iter$  o anki iterasyonu,  $Maxiter$  ise maksimum iterasyon sayısını ifade etmektedir.

$$TDR = 1 - \frac{iter^{1/p}}{maxiter^{1/p}} \quad (20)$$

Burada  $p$  iterasyonlar boyunca sömürünün doğruluğudur.  $p$  değeri ne kadar yüksekse, kullanım o kadar doğru olur. ÇEO algoritmasında optimizasyon süreci bir dizi rastgele evren oluşturmakla başlamaktadır. Her iterasyonda yüksek enflasyon oranlarına sahip evrendeki nesnelere,



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1070287

beyaz/kara delikler aracılığıyla düşük enflasyon oranlarına sahip evrenlere doğru hareket etme eğilimindedir. Bu arada, her bir evren nesnelere doğru rastgele ışınlamalarla karşı karşıya kalır. Bu süreç durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam eder. ÇEO'nun sözde kodları Şekil 3'te gösterilmiştir.

```

Başlangıç popülasyonunun ayarlanması ( $U$ )
 $WEP$ ,  $TDR$  ve  $X_j$  değerlerini başlat
 $SU$ : Sıralanmış evrenler
 $NI$ : Evrenlerin enflasyon oranını normalleştir
while ( $t <$  maksimum iterasyon sayısı)
  Her bir evrenin uygunluk değerini hesapla
  for her bir evren
     $WEP$  ve  $TDR$  parametrelerini güncelle
    Kara_delik_indeksi =  $i$ 
    for her bir evren
       $r1 = random[0,1]$ 
      if ( $r1 < NI$ )
        Beyaz_delik_indeksi =
        RouletteWheelSelection( $-NI$ )
         $U(Kara\_delik\_indeksi, j) =$ 
         $SU(beyaz\_delik\_indeksi, j)$ 
      end if
       $r2 = random[0,1]$ 
      if ( $r2 < WEP$ )
         $r3 = random[0,1]$ 
         $r4 = random[0,1]$ 
        if ( $r3 < 0.5$ )
           $X_j + TDR \times ((ub_j - lb_j) \times r4 + lb_j)$ 
        else
           $X_j - TDR \times ((ub_j - lb_j) \times r4 + lb_j)$ 
        end if
      end if
    end for
  end for
end while

```

Şekil 3. ÇEO'nun sözde kodları

### Deniz Avcıları Algoritması (DEA)

Faramarzi ve arkadaşları (2020) tarafında önerilen deniz avcılığı algoritması (DEA), okyanus avcılığı arasındaki farklı yiyecek arama stratejilerine ve biyolojik etkileşimde optimal karşılaşma oranları politikasına dayanan metasezgisel bir yöntemdir. Optimal yiyecek arama için deniz avcılığı tarafından seçilen iki tür stratejiye dayanmaktadır. Bunlar Lévy ve Brownian hareketidir.

- Deniz avcılığı, avın bol olduğu alanlar için Brownian hareketini kullanırken, av

yoğunluğunun düşük olduğu çevre için Lévy stratejisini kullanmaktadır.

- Farklı habitatlarda yaşamları boyunca aynı Lévy ve Brownian hareketi yüzdelere göstermektedirler.
- Doğal (girdap oluşumu) veya insan kaynaklı (FAD'ler) gibi çevresel etkiler nedeniyle, farklı bir av dağılımına sahip alanlar bulma umuduyla davranışlarını değiştirmektedirler.
- Düşük hız oranında ( $v = 0.1$ ), bir avcı için en iyi strateji Lévy'dir; her iki av da Brownian veya Lévy'de hareket etmektedir;
- Birim hız oranında ( $v = 1$ ), av Lévy'de hareket ederse, bir avcı için en iyi strateji Brownian'dır. Diğer senaryolar sistem boyutuna bağlı olarak değişmektedir.
- Yüksek hız oranında ( $v \geq 10$ ) bir avcı için en iyi strateji hiç hareket etmemektir. Bu durumda, avlardan biri Brownian veya Lévy'yi hareket ettirmektedir.
- Başarılı yiyecek aramanın yanı sıra birlikteliklerini hatırlatmak için de iyi bir hafızadan yararlanmaktadır.

DEA optimizasyon süreci, farklı hız oranları dikkate alınarak ve aynı zamanda bir avcı ve avın tüm yaşamını taklit eden üç ana optimizasyon aşamasına ayrılmaktadır.

**1. Aşama:** Yüksek hız oranında veya avcının avdan hızlı hareket etmesi durumunda, Denklem (21)'deki matematiksel model uygulanmaktadır.

While Iter  $< \frac{1}{3} Max\_iter$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{stepsiz}_i &= \overrightarrow{R}_B \otimes (\overrightarrow{Elite}_i - \overrightarrow{R}_B \otimes \overrightarrow{Prey}_i) \quad i \\ &= 1, 2, \dots, n \\ \overrightarrow{Prey}_i &= \overrightarrow{Prey}_i + P \times \overrightarrow{R} \otimes \overrightarrow{stepsiz}_i \end{aligned} \quad (21)$$

Burada  $R_B$ , Brownian hareketini temsil eden normal dağılıma dayalı rasgele sayılar içeren bir vektördür.  $R_B$ 'nin av ile çarpımı, avın hareketini simüle eder.  $P = 0.5$  sabit bir sayıdır ve  $R, [0, 1]$ 'deki tek tip rastgele sayıların bir vektörüdür. Bu senaryo, yüksek keşif yeteneği için adım boyutu veya hareket hızı yüksek olduğunda yinelemelerin ilk üçte birinde gerçekleşmektedir.

**2. Aşama:** Birim hız oranında veya hem avcı hem de av aynı hızda hareket ettiğinde 2. Aşama uygulanmaktadır. Her ikisinin de avlarını aradığını taklit eder. Bu bölüm, keşfin geçici olarak sömürüye dönüştürülmeye çalışıldığı optimizasyonun ara

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1070287

aşamasında gerçekleşmektedir. Bu aşamada hem keşif hem de sömürü önemlidir. Sonuç olarak, nüfusun yarısı keşif, diğer yarısı ise sömürü için ayrılmıştır. Bu aşamada av, sömürden, avcı ise keşiften sorumludur. Kurala göre, birim hız oranında ( $v \approx 1$ ), av Lévy'de hareket ederse, yırtıcı için en iyi strateji Brownian'dır. Bu nedenle, bu çalışma Lévy'de av hareketlerini, Brownian'da yırtıcı hareketlerini dikkate almaktadır.

$$\text{While } \frac{1}{3} \text{Max}_{iter} < \frac{2}{3} \text{Max}_{iter}$$

$$\overrightarrow{\text{stepsize}}_i = \overrightarrow{R}_L \otimes (\overrightarrow{\text{Elite}}_i - \overrightarrow{R}_L \otimes \overrightarrow{\text{Prey}}_i) \quad i = 1, 2, \dots, n/2$$

$$\overrightarrow{\text{Prey}}_i = \overrightarrow{\text{Prey}}_i + P \times \overrightarrow{R} \otimes \overrightarrow{\text{stepsize}}_i \quad (22)$$

Burada  $R_L$ , Lévy hareketini temsil eden Lévy dağılımına dayalı rastgele sayıların bir vektörüdür.  $R_L$  ve Prey çarpımı, avın hareketini Lévy tarzında simüle ederken, adım boyutunu av pozisyonuna eklemek avın hareketini simüle etmektedir. Lévy dağıtım adım boyutunun çoğu küçük adımlarla ilişkilendirildiğinden, bu bölüm sömürüye yardımcı olmaktadır. Popülasyonların ikinci yarısı için bu çalışma Denklem (23)'teki gibidir:

$$\overrightarrow{\text{stepsize}}_i = \overrightarrow{R}_B \otimes (\overrightarrow{\text{Elite}}_i - \overrightarrow{\text{Prey}}_i) \quad i = n/2, \dots, n$$

$$\overrightarrow{\text{Prey}}_i = \overrightarrow{\text{Elite}}_i + P \times CF \otimes \overrightarrow{\text{stepsize}}_i \quad (23)$$

$CF$ , yırtıcı hareketi için adım boyutunu kontrol etmek için uyarlanabilir bir parametredir.  $R_B$  ve Elite'in çarpımı, avcının Brownian tarzı hareketini simüle ederken, av, Brownian hareketinde yırtıcı hayvanların hareketine dayalı olarak konumunu güncellemektedir.

**3. Aşama:** Düşük hız oranında veya yırtıcı, avdan daha hızlı hareket ettiğinde 3. Aşama kullanılmaktadır. Bu senaryo, çoğunlukla yüksek sömürü yeteneği ile ilişkilendirilen optimizasyon sürecinin son aşamasında gerçekleşmektedir. Düşük hız oranında ( $v = 0.1$ ) avcı için en iyi strateji Lévy'dir. Bu aşama Denklem (24)'teki gibidir:

$$\text{While } \text{Iter} > \frac{2}{3} \text{Max}_{iter}$$

$$\overrightarrow{\text{stepsize}}_i = \overrightarrow{R}_L \otimes (\overrightarrow{R}_L \otimes \overrightarrow{\text{Elite}}_i - \overrightarrow{\text{Prey}}_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\overrightarrow{\text{Prey}}_i = \overrightarrow{\text{Elite}}_i + P \times CF \otimes \overrightarrow{\text{stepsize}}_i \quad (24)$$

Deniz yırtıcılarında davranış değişikliğine neden olan diğer bir nokta ise girdap oluşumu veya Balık Toplama Cihazları (FAD'ler) etkileri gibi çevresel sorunlardır. Köpekbalıkları zamanlarının %80'inden fazlasını FAD'lerin yakın çevresinde geçirmektedirler ve geri kalan %20'si için, muhtemelen başka bir av dağılımına sahip bir ortam bulmak için farklı boyutlarda daha uzun bir sıçrama yapmaktadırlar. FAD'ler yerel optimumlar ve etkileri arama uzayında bu noktalara hapsolme olarak kabul edilmektedir. Simülasyon sırasında bu daha uzun atlamaların dikkate alınması, yerel optimumda durgunluğu önlemektedir. Böylece, FAD'lerin etkisi matematiksel olarak Denklem (25)'teki gibidir:

$$\overrightarrow{\text{Prey}}_i = \begin{cases} \overrightarrow{\text{Prey}}_i + CF[\overrightarrow{x}_{min} + \overrightarrow{R} \otimes (\overrightarrow{x}_{max} - \overrightarrow{x}_{min})] \otimes \overrightarrow{U}, & r \leq FADs \\ \overrightarrow{\text{Prey}}_i + [FADs(1-r) + r](\overrightarrow{\text{Prey}}_{r_1} - \overrightarrow{\text{Prey}}_{r_2}), & r > FADs \end{cases} \quad (25)$$

Burada  $FADs = 0.2$ ,  $FADs$  optimizasyon süreci üzerindeki etki olasılığıdır.  $U$ , sıfır ve bir içeren dizilere sahip ikili vektördür. Bu,  $[0,1]$ 'de rastgele bir vektör oluşturularak ve dizi 0.2'den küçükse, sıfıra ve 0.2'den büyükse bire değiştirilerek oluşturulmaktadır.  $r$ ,  $[0,1]$ 'deki tek tip rastgele sayıdır.  $X_{min}$  ve  $X_{max}$  boyutların alt ve üst sınırlarını içeren vektörlerdir.  $r_1$  ve  $r_2$  alt simgeleri, av matrisinin rastgele dizinlerini belirtmektedir. DEA'nın sözde kodları Şekil 4'te gösterilmiştir.

```

Başlangıç popülasyonunun ayarlanması (i = 1, 2, ..., n)
while (t < maksimum iterasyon sayısı)
  Uygunluk değerini hesapla, elite matrisini oluştur ve hafızadan tasarruf et
  if iter < Maxiter/3
    Denklem (21)'e göre avı güncelle
  else if iter < Maxiter/3 < Iter < 2 * Maxiter/3
    Popülasyonun ilk yarısı için (i = 1, 2, ..., n/2)
      Denklem (22)'ye göre avı güncelle
    Popülasyonun diğer yarısı için (i = n/2, ..., n)
      Denklem (23)'e göre avı güncelle
  else if Iter > 2 * Maxiter/3
    Denklem (24)'e göre avı güncelle
  end if
  Bellek tasarrufu ve elite güncellemesini gerçekleştir.
  FAD etkisini uygula ve Denklem (25)'e göre güncelle.
end while
  
```

Şekil 4. DEA'nın sözde kodları

### Coot Optimizasyon Algoritması (COOT)

Naruei ve Keynia tarafından 2021 yılında önerilen yöntem, kuşların su yüzeyindeki davranışından esinlenerek oluşturulmuş yeni bir metasezgisel yöntemdir. Coot sürüsünün su üzerindeki davranışı üç hareketten oluşmaktadır. Bunlar düzensiz bir aktivite hareketi, senkronize hareket etme ve su yüzeyinde zincir hareketidir. Coot'ların farklı kolektif davranışları bulunmaktadır. Su yüzeyinde dört farklı su küreği hareketi bulunmaktadır. Bunlar; rastgele hareket etmek, zincir hareketi, grup liderlerine göre pozisyonun ayarlanması, liderler tarafından grubu optimal alana yönlendirmektir. Tüm optimizasyon algoritmalarında olduğu gibi öncelikle başlangıç popülasyonu oluşturulmaktadır. Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra amaç fonksiyonu kullanılarak çözümün uygunluk değeri hesaplanmaktadır. Liderlerin seçimi rastgele olmaktadır.

**1. Rastgele hareket:** Bu hareketi uygulamak için arama uzayında Denklem (26)'ya göre rastgele bir konum göz önünde bulundurulmaktadır ve coot rastgele bir şekilde bu konuma doğru hareket ettirilmektedir.

$$Q = rand(1, d) \times (ub - lb) + lb \quad (26)$$

Bu coot hareketi, arama uzayının farklı kısımlarını incelemektedir. Algoritma yerel optimalde takılırsa, bu hareket algoritmanın yerel optimalden kaçmasına neden olmaktadır. Coot'un yeni konumu Denklem (27)'deki gibi güncellenmektedir:

$$CootPos(i) = CootPos(i) + A \times R2 \times (Q - CootPos(i)) \quad (27)$$

Burada  $R2$  0 ile 1 arasında rastgele bir sayıdır,  $A$  Denklem (28)'e göre hesaplanmaktadır.

$$A = 1 - L \times \left( \frac{1}{max-iter} \right) \quad (28)$$

Burada  $L$  mevcut iterasyon sayısıdır  $max - iter$  ise maksimum iterasyon sayısını temsil etmektedir.

**2. Zincir hareketi:** Zincir hareketini uygulamak için iki başlığın ortalama konumu kullanılmaktadır. Bir zincir hareketi uygulamanın başka bir yolu da, önce iki kuyruk arasındaki mesafe vektörünü hesaplamak ve ardından kuyruğu mesafe

vektörünün yaklaşık yarısı kadar diğer kümeye doğru hareket ettirmektir. İlk yöntem kullanılmıştır ve Coot'un yeni konumu Denklem (29)'daki gibi hesaplanmıştır:

$$CootPos(i) = 0.5 \times (CootPos(i - 1) + CootPos(i)) \quad (29)$$

**3. Grup liderlerine göre pozisyonun ayarlanması:** Genellikle grup, grubun önünde birkaç kişi tarafından yönetilmektedir ve geri kalanı grup liderlerine göre konumlarını ayarlamaktadır ve onlara doğru hareket etmek zorundadır. Her bir coot'un konumunu hangi lidere göre ayarlayacağı önemli bir sorudur. Liderlerin ortalama konumu dikkate alınmalıdır ve Cootlar bu ortalama konuma göre konumlarını güncellemelidir. Ortalama konumu dikkate almak erken yakınsamaya neden olmaktadır. Bu hareketi uygulamak ve lideri seçmek için Denklem (30)'a göre bir mekanizma kullanılmaktadır:

$$K = 1 + (i \text{ MOD } NL) \quad (30)$$

Burada  $i$  mevcut cootun indeks numarasıdır,  $NL$  lider sayısıdır ve  $K$  liderin indeks numarasıdır.  $Coot(i)$  liderin  $K$ 'sına göre pozisyonunu güncellemektedir. Denklem (31) seçilen lidere dayalı olarak coot'un bir sonraki konumunu hesaplamaktadır.

$$CootPos(i) = LeaderPos(k) + 2 \times R1 \times \cos(2R\pi) \times (LeaderPos(k) - CootPos(i)) \quad (31)$$

$CootPos(i)$  coot'un mevcut konumu olduğunda,  $LeaderPos(k)$  lider konumu seçilmektedir.  $R1$  0 ile 1 arasında rastgele bir sayıdır,  $R$  ise -1 ile 1 aralığında rastgele bir sayıyı temsil etmektedir.

**4. Grubu liderler tarafından optimal alana yönlendirmek:** Grup bir hedefe (optimal alan) yönelik olmalıdır, bu nedenle liderlerin hedefe yönelik konumlarını güncellemeleri gerekmektedir. Liderlerin konumunu güncellemek için Denklem (32) kullanılmaktadır. Bu denklem, mevcut optimal nokta etrafında daha iyi konumlar aramaktadır. Bazen liderler daha iyi pozisyonlar bulmak için mevcut optimal pozisyondan uzaklaşmak zorunda kalırlar. Bu denklem, optimum konuma yaklaşmak ve ondan uzaklaşmak için iyi bir yol sağlamaktadır.

$$LeaderPos(i) = \begin{cases} B \times R3 \times \cos(2R\pi) \times (gBest - LeaderPos(i)) \\ \quad + gBest, R4 < 0.5 \\ B \times R3 \times \cos(2R\pi) \times (gBest - LeaderPos(i)) \\ \quad - gBest, R4 \geq 0.5 \end{cases} \quad (32)$$

Burada  $gBest$  şimdiye kadar bulunan en iyi konumu temsil etmektedir.  $R3$  ve  $R4$ , 0 ile 1 arasında rastgele bir sayıyı temsil etmektedir.  $B$  değeri de Denklem (33)'teki gibi hesaplanmaktadır:

$$B = 2 - L \times \left( \frac{1}{max-iter} \right) \quad (33)$$

Coot algoritmasının sözde kodları Şekil 5'te gösterilmiştir.

```

Başlangıç popülasyonunun ayarlanması (U)
P = 0.5, NL (liderlerin sayısı) ve Ncoot (cootların
sayısını) değerlerini başlat
Global optimum olarak en iyi coot veya lideri bul
(gBest)
while (t < maksimum iterasyon sayısı)
  Her bir evrenin uygunluk değerini hesapla
  A ve B parametrelerini Denklem (28) ve Denklem
(33)'e göre hesapla
  if rand < P
    R, R1 ve R3 problemin boyutları boyunca
rastgele vektördür.
  else
    R, R1 ve R3 rastgele bir sayıdır
  for 1: coot sayısı
    Denklem (30)'a göre K parametresini güncelle
    if rand > 0.5
      Denklem (31)'e göre pozisyonu güncelle
    else if rand < 0.5 i ≅ 1
      Denklem (29)'a göre pozisyonu güncelle
    else
      Denklem (27)'ye göre pozisyonu güncelle
    end
  end
Coot'un uygunluk değerini hesapla
if coot'un uygunluğu < liderin uygunluğu
  temp=lider(k); lider(k)=coot; coot=temp
end
end
for her lider sayısı
  if rand < 0.5
    Liderin pozisyonunu Denklem (32.1)'deki gibi
güncelle

```

```

else
  Liderin pozisyonunu Denklem (32.2)'deki gibi
güncelle
end
if liderin uygunluğu < gBest
  temp= gBest; gBest = lider; lider=temp
end
end
t=t+1
end while

```

Şekil 5. COOT'un sözde kodları

### KALİTE TEST FONKSİYONLARI

Bu bölümde incelenen yöntemlerin performanslarını değerlendirmek için 23 standart kalite testi fonksiyonu seçilerek deneyler yapılmıştır. Bunlar tek modlu, çok modlu ve karmaşık boyutlu çok modlu fonksiyonlardan oluşmaktadır. Tek modlu fonksiyonlar, algoritmanın yakınsama performansının ölçülmesi için kullanılırken, çok modlu fonksiyonlar ise, algoritmanın erken yakınsama probleminin ya da yerele takılma sorununun olup olmadığını öğrenilmesi için kullanılmaktadır. Test için kullanılan standart kalite testi fonksiyonları ve özellikleri fonksiyonun özelliğine göre ayrı ayrı Tablo 1-3 arasında verilmiştir.

### DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde HŞO, SAA, ÇEO, DEA ve COOT yöntemlerinin performansları 23 tane standart kalite testi fonksiyonunda test edilmiştir. Adil bir değerlendirme yapabilmek için tüm yöntemler için popülasyon sayısı 30, maksimum iterasyon sayısı 1000 ve boyut 30 olarak ele alınmıştır ve tüm deneyler 30 kere çalıştırılarak kaydedilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 4'te gösterilmiş olup ortalama değer, minimum değer, maksimum değer, medyan değeri, standart sapma değeri ve süre metrikleri cinsinden karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Tek modlu fonksiyonlar, algoritmanın yakınsama performansının ölçülmesi için kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlar F1 ile F7 arasındaki fonksiyonları içermektedir. Tablo 4 incelendiğinde; ortalama değer bakımından 7 kalite testi fonksiyonunun 6'sında en iyi sonucu HŞO algoritması üretmiştir. Bunlardan sadece F6 fonksiyonunda ortalama değer bakımından en iyi sonucu SAA algoritması üretmiştir.

**Tablo 1. Tek modlu kalite testi fonksiyonları**

Tek modlu fonksiyonları	Boyut	Aralık	$f_{min}$
$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	n	[-100, 100]	0
$f_2(x) = \sum_{i=1}^n  x_i  + \prod_{i=1}^n  x_i $	n	[-10, 10]	0
$f_3(x) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i x_j\right)^2$	n	[-100, 100]	0
$f_4(x) = \max\{ x_i , 1 \leq i \leq n\}$	n	[-100, 100]	0
$f_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1} [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	n	[-30, 30]	0
$f_6(x) = \sum_{i=1}^n ([x_i + 0.5])^2$	n	[-100, 100]	0
$f_7(x) = \sum_{i=1}^n ix_i^4 + random[0,1]$	n	[-128, 128]	0

**Tablo 2. Çok modlu kalite testi fonksiyonları**

Çok modlu kalite testi fonksiyonları	Boyut	Aralık	$f_{min}$
$f_8(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \sin(\sqrt{ x_i })$	n	[-500, 500]	- 418.9829*n
$f_9(x) = \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10]$	n	[-5.12, 5.12]	0
$f_{10}(x) = -20 \exp\left(-0.2 \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2\right)^{0.5}\right) - \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$	n	[-32, 32]	0
$f_{11}(x) = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$	n	[-600, 600]	0
$f_{12}(x) = \frac{\pi}{n} \left\{ 10 \sin(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{n-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + (y_n - 1)^2 \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 10, 100, 4), y_i = 1 + \frac{x_i + 1}{4}$ $u(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m x_i > a \\ 0 - a < x_i < a \\ k(-x_i - a)^m x_i < a \end{cases}$	n	[-50, 50]	0
$f_{13}(x) = 0.1 \left\{ \sin^2(3\pi x_1) + \sum_{i=1}^n (x_i - 1)^2 [1 + \sin^2(3\pi x_i + 1)] + (x_n - 1)^2 [1 + \sin^2(2\pi x_n)] \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 5, 100, 4)$	n	[-50, 50]	0

**Tablo 3.** Karmaşık boyutlu çok modlu kalite testi fonksiyonları

Karmaşık boyutlu çok modlu kalite testi fonksiyonları	Boyut	Aralık	$f_{min}$
$f_{14}(x) = \left( \frac{1}{500} + \sum_{j=1}^{25} \frac{1}{j + \sum_{i=1}^2 (x_i - a_{ij})^6} \right)^{-1}$	2	[-65, 65]	1
$f_{15}(x) = \sum_{i=1}^{11} \left[ a_i - \frac{x_1(b_i^2 + b_i x_2)}{b_i^2 + b_i x_3 + x_4} \right]^2$	4	[-5, 5]	0.00030
$f_{16}(x) = 4x_1^2 - 2.1x_1^4 + \frac{1}{3}x_1^6 + x_1x_2 - 4x_2^2 + 4x_2^4$	2	[-5, 5]	-1.0316
$f_{17}(x) = \left( x_2 - \frac{5.1}{4\pi^2}x_1^2 + \frac{5}{\pi}x_1 - 6 \right)^2 + 10 \left( 1 - \frac{1}{8\pi} \right) \cos x_1 + 10$	2	[-5, 5]	0.398
$f_{18}(x) = [1 + (x_1 + x_2 + 1)^2(19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2)] \times [30 + (2x_1 - 3x_2)^2 \times (18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 + 27x_2^2)]$	2	[-2, 2]	3
$f_{19}(x) = - \sum_{i=1}^4 c_i \exp \left( - \sum_{j=1}^3 a_{ij} (x_j - p_{ij})^2 \right)$	3	[1, 3]	-3.86
$f_{20}(x) = - \sum_{i=1}^4 c_i \exp \left( - \sum_{j=1}^6 a_{ij} (x_j - p_{ij})^2 \right)$	6	[0, 1]	-3.32
$f_{21}(x) = - \sum_{i=1}^5 [(X - a_i)(X - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]	- 10.1532
$f_{22}(x) = - \sum_{i=1}^7 [(X - a_i)(X - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]	- 10.4028
$f_{23}(x) = - \sum_{i=1}^{10} [(X - a_i)(X - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]	- 10.5363

Süre bakımından değerlendirildiğinde ise tek modlu fonksiyonlarda en hızlı yöntemin COOT optimizasyon algoritması olduğu sonucu elde edilmiştir. HŞO diğer rekabetçi algoritmalar ile karşılaştırıldığında, diğer yöntemlere göre daha iyi bir sömürü yeteneği sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Çok modlu fonksiyonlar, algoritmanın erken yakınsama probleminin ya da yerele takılma sorununun olup olmadığını öğrenmek için kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar incelendiğinde ortalama değer bakımından 6 çok modlu fonksiyonun 5 tanesinde SAA algoritması üstünlük gösterirken, onu hemen 4 tane fonksiyonda iyi sonuç üreten HŞO yöntemi takip etmektedir. Yine bu fonksiyonlar süre

metriği bakımından değerlendirildiğinde 6 fonksiyonun 6'sında en hızlı yöntem COOT optimizasyon algoritması olmuştur.

Karmaşık boyutlu çok modlu fonksiyonlar çok sayıda yerel optimuma sahip olan yerel optimumdan kaçınma yeteneğini ve keşif ve sömürü arasındaki dengeyi değerlendirmek için kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar incelendiğinde F16 ile F19 fonksiyonları arasındaki fonksiyonlarda ortalama değer bakımından tüm algoritmalar aynı sonucu üretmişlerdir. Bu yüzden bu fonksiyonlarda incelenen yöntemlerin birbirlerine üstünlükleri yoktur. Ancak geriye kalan beş fonksiyonun beşinde de DEA algoritması en iyi sonucu üreterek en iyi yöntem

Tablo 4. Deneysel sonuçlar

BF	OA	Ortalama Değer	Minimum Değer	Maksimum Değer	Medyan Değer	Standart Sapma	Süre
F1	HŞO	<b>9.78E-97</b>	2.18E-113	<b>2.60E-95</b>	1.49E-105	4.75E-96	1.57
	SAA	3.32E-60	<b>6.94E-206</b>	9.93E-59	1.17E-80	1.81E-59	2.54
	ÇEO	1.28E+00	7.38E-01	1.89E+00	1.27E+00	3.15E-01	2.48
	DEA	1.28E-22	4.08E-25	1.40E-21	5.63E-23	2.54E-22	3.82
	COOT	4.51E-15	5.72E-53	1.35E-13	2.80E-38	2.47E-14	<b>1.10</b>
F2	HŞO	<b>6.01E-51</b>	3.77E-61	<b>1.68E-49</b>	4.93E-54	3.06E-50	1.59
	SAA	1.28E-25	<b>2.06E-166</b>	3.85E-24	8.97E-40	7.03E-25	2.76
	ÇEO	5.77E+00	4.73E-01	1.11E+02	8.70E-01	2.04E+01	2.21
	DEA	2.39E-13	5.65E-15	1.23E-12	1.81E-13	2.48E-13	3.91
	COOT	2.55E-10	1.28E-23	7.64E-09	1.30E-17	1.39E-09	<b>1.17</b>
F3	HŞO	<b>8.08E-70</b>	6.32E-96	<b>2.42E-68</b>	1.88E-83	4.42E-69	7.96
	SAA	1.88E-27	<b>0.00E+00</b>	5.38E-26	1.88E-37	9.81E-27	6.97
	ÇEO	2.36E+02	6.80E+01	6.19E+02	2.23E+02	1.15E+02	<b>4.97</b>
	DEA	1.22E-04	3.76E-08	1.40E-03	4.77E-05	2.55E-04	10.31
	COOT	6.73E-25	6.23E-53	2.02E-23	2.05E-37	3.68E-24	3.62
F4	HŞO	<b>1.62E-48</b>	4.37E-58	<b>4.39E-47</b>	1.55E-51	7.99E-48	1.92
	SAA	2.70E-29	<b>1.17E-140</b>	8.11E-28	1.66E-47	1.48E-28	2.61
	ÇEO	1.83E+00	8.68E-01	3.41E+00	1.74E+00	6.49E-01	2.55
	DEA	2.80E-09	6.69E-10	5.48E-09	2.51E-09	1.42E-09	3.71
	COOT	5.68E-10	8.96E-25	1.03E-08	1.34E-18	2.06E-09	<b>1.10</b>
F5	HŞO	8.37E-03	1.66E-05	4.40E-02	4.83E-03	1.07E-02	3.08
	SAA	<b>1.77E-05</b>	<b>6.33E-09</b>	<b>1.49E-04</b>	2.95E-06	3.32E-05	3.28
	ÇEO	5.64E+02	3.51E+01	2.86E+03	1.08E+02	8.28E+02	2.76
	DEA	2.51E+01	2.45E+01	2.62E+01	2.51E+01	4.26E-01	4.39
	COOT	4.98E+01	2.79E+01	2.36E+02	2.88E+01	4.30E+01	<b>1.38</b>
F6	HŞO	1.26E-04	2.23E-07	6.14E-04	5.06E-05	1.49E-04	2.33
	SAA	<b>5.36E-12</b>	<b>7.44E-15</b>	<b>6.05E-11</b>	7.43E-13	1.45E-11	2.60
	ÇEO	1.27E+00	7.18E-01	2.01E+00	1.20E+00	3.01E-01	2.45
	DEA	4.26E-08	1.58E-08	8.80E-08	4.06E-08	1.80E-08	3.74
	COOT	3.01E-01	8.32E-02	8.89E-01	2.29E-01	2.01E-01	<b>1.12</b>
F7	HŞO	<b>1.43E-04</b>	<b>2.82E-06</b>	<b>4.75E-04</b>	1.21E-04	1.13E-04	5.10
	SAA	1.75E-03	5.32E-05	4.70E-03	1.76E-03	1.26E-03	4.95
	ÇEO	3.17E-02	1.23E-02	4.80E-02	3.06E-02	1.04E-02	3.87
	DEA	1.11E-03	2.65E-04	2.33E-03	9.90E-04	5.06E-04	6.90
	COOT	5.90E-03	2.15E-04	2.48E-02	4.40E-03	5.57E-03	<b>2.47</b>
F8	HŞO	<b>-1.26E+04</b>	<b>-1.26E+04</b>	<b>-1.26E+04</b>	<b>-1.26E+04</b>	8.55E-01	3.24
	SAA	-8.78E+03	-9.90E+03	-7.30E+03	-8.68E+03	6.19E+02	3.31
	ÇEO	-7.59E+03	-9.32E+03	-6.52E+03	-7.60E+03	6.67E+02	2.08
	DEA	-9.06E+03	-1.01E+04	-7.86E+03	-8.98E+03	5.33E+02	4.56
	COOT	-7.37E+03	-9.96E+03	-5.71E+03	-7.32E+03	9.70E+02	<b>1.47</b>
F9	HŞO	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	0.00E+00	2.73
	SAA	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	0.00E+00	2.98
	ÇEO	1.22E+02	6.71E+01	2.16E+02	1.19E+02	3.19E+01	2.84
	DEA	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	0.00E+00	3.97
	COOT	3.41E-14	0.00E+00	7.39E-13	0.00E+00	1.40E-13	<b>1.31</b>
F10	HŞO	<b>8.88E-16</b>	<b>8.88E-16</b>	<b>8.88E-16</b>	<b>8.88E-16</b>	0.00E+00	2.73
	SAA	<b>8.88E-16</b>	<b>8.88E-16</b>	<b>8.88E-16</b>	<b>8.88E-16</b>	0.00E+00	2.92
	ÇEO	1.80E+00	3.87E-01	3.49E+00	1.83E+00	5.92E-01	2.92
	DEA	1.37E-12	2.64E-13	2.96E-12	1.36E-12	8.04E-13	3.99
	COOT	1.07E-12	8.88E-16	1.70E-11	7.99E-15	3.34E-12	<b>1.41</b>

F11	HŞO	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	0.00E+00	3.37
	SAA	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	0.00E+00	3.70
	ÇEO	8.70E-01	7.36E-01	9.93E-01	8.62E-01	6.57E-02	3.08
	DEA	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	<b>0.00E+00</b>	0.00E+00	4.54
	COOT	2.34E-15	0.00E+00	5.04E-14	0.00E+00	9.67E-15	<b>1.60</b>
F12	HŞO	5.14E-06	2.41E-08	2.23E-05	2.30E-06	6.40E-06	11.48
	SAA	<b>1.45E-12</b>	<b>1.76E-15</b>	<b>1.75E-11</b>	<b>1.39E-13</b>	3.66E-12	9.37
	ÇEO	2.54E+00	2.06E-01	6.37E+00	2.46E+00	1.66E+00	6.24
	DEA	3.59E-06	1.82E-09	1.07E-04	6.33E-09	1.95E-05	12.87
	COOT	1.65E-01	1.39E-03	1.95E+00	4.49E-03	4.22E-01	<b>4.93</b>
F13	HŞO	1.03E-04	6.21E-09	7.62E-04	4.50E-05	1.57E-04	11.59
	SAA	<b>2.64E-11</b>	<b>1.12E-16</b>	<b>3.84E-10</b>	<b>2.83E-12</b>	7.50E-11	9.34
	ÇEO	1.81E-01	5.93E-02	3.28E-01	1.63E-01	6.62E-02	6.35
	DEA	1.59E-02	3.31E-08	9.08E-02	1.10E-02	2.20E-02	12.95
	COOT	4.82E-01	6.61E-02	2.08E+00	3.74E-01	4.11E-01	<b>5.00</b>
F14	HŞO	1.43E+00	9.98E-01	5.93E+00	9.98E-01	9.94E-01	19.89
	SAA	5.22E+00	9.98E-01	1.27E+01	9.98E-01	5.53E+00	14.56
	ÇEO	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	3.07E-11	8.42
	DEA	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	1.51E-16	17.14
	COOT	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	<b>9.98E-01</b>	4.66E-16	<b>8.23</b>
F15	HŞO	3.34E-04	3.09E-04	3.94E-04	3.28E-04	2.06E-05	1.94
	SAA	3.39E-04	3.07E-04	6.37E-04	3.07E-04	8.42E-05	2.53
	ÇEO	7.93E-03	4.29E-04	5.66E-02	1.00E-03	1.27E-02	1.11
	DEA	<b>3.07E-04</b>	<b>3.07E-04</b>	<b>3.07E-04</b>	<b>3.07E-04</b>	2.67E-15	2.43
	COOT	1.36E-03	3.20E-04	2.04E-02	6.74E-04	3.60E-03	<b>0.95</b>
F16	HŞO	<b>-1.03E+00</b>	-1.03E+00	-1.03E+00	-1.03E+00	-1.03E+00	1.89
	SAA	<b>-1.03E+00</b>	-1.03E+00	-1.03E+00	-1.03E+00	5.38E-16	2.34
	ÇEO	<b>-1.03E+00</b>	-1.03E+00	-1.03E+00	-1.03E+00	4.50E-07	0.98
	DEA	<b>-1.03E+00</b>	-1.03E+00	-1.03E+00	-1.03E+00	4.59E-16	2.24
	COOT	<b>-1.03E+00</b>	-1.03E+00	-1.03E+00	-1.03E+00	7.07E-11	<b>0.93</b>
F17	HŞO	<b>3.98E-01</b>	3.98E-01	3.98E-01	3.98E-01	1.67E-06	1.63
	SAA	<b>3.98E-01</b>	3.98E-01	3.98E-01	3.98E-01	0.00E+00	2.18
	ÇEO	<b>3.98E-01</b>	3.98E-01	3.98E-01	3.98E-01	6.51E-07	0.89
	DEA	<b>3.98E-01</b>	3.98E-01	3.98E-01	3.98E-01	1.09E-14	2.05
	COOT	<b>3.98E-01</b>	3.98E-01	3.98E-01	3.98E-01	2.28E-07	<b>0.82</b>
F18	HŞO	<b>3.00E+00</b>	3.00E+00	3.00E+00	3.00E+00	3.12E-06	1.58
	SAA	<b>3.90E+00</b>	3.00E+00	3.00E+01	3.00E+00	4.93E+00	2.08
	ÇEO	<b>3.00E+00</b>	3.00E+00	3.00E+00	3.00E+00	2.30E-05	0.87
	DEA	<b>3.00E+00</b>	3.00E+00	3.00E+00	3.00E+00	2.10E-15	1.98
	COOT	<b>3.00E+00</b>	3.00E+00	3.00E+00	3.00E+00	2.40E-10	<b>0.81</b>
F19	HŞO	<b>-3.86E+00</b>	-3.86E+00	-3.84E+00	-3.86E+00	4.50E-03	2.26
	SAA	<b>-3.86E+00</b>	-3.86E+00	-3.86E+00	-3.86E+00	2.33E-15	2.72
	ÇEO	<b>-3.86E+00</b>	-3.86E+00	-3.86E+00	-3.86E+00	1.20E-06	1.11
	DEA	<b>-3.86E+00</b>	-3.86E+00	-3.86E+00	-3.86E+00	2.45E-15	2.61
	COOT	<b>-3.86E+00</b>	-3.86E+00	-3.86E+00	-3.86E+00	8.52E-12	<b>1.06</b>
F20	HŞO	-3.10E+00	-3.30E+00	-2.92E+00	-3.10E+00	8.95E-02	2.37
	SAA	-3.29E+00	-3.32E+00	-3.20E+00	-3.32E+00	5.11E-02	2.74
	ÇEO	-3.26E+00	-3.32E+00	-3.20E+00	-3.26E+00	6.14E-02	1.19
	DEA	<b>-3.32E+00</b>	<b>-3.32E+00</b>	<b>-3.32E+00</b>	<b>-3.32E+00</b>	<b>1.28E-11</b>	2.87
	COOT	-3.30E+00	-3.32E+00	-3.20E+00	-3.32E+00	4.84E-02	<b>1.09</b>
F21	HŞO	-5.21E+00	-9.80E+00	-5.00E+00	-5.05E+00	8.67E-01	2.62
	SAA	-8.28E+00	-1.02E+01	-5.06E+00	-1.02E+01	2.50E+00	3.25
	ÇEO	-7.29E+00	-1.02E+01	-2.63E+00	-7.63E+00	3.01E+00	1.30



	DEA	<b>-1.02E+01</b>	<b>-1.02E+01</b>	<b>-1.02E+01</b>	<b>-1.02E+01</b>	2.63E-11	2.96
	COOT	-8.82E+00	-1.02E+01	-2.63E+00	-1.02E+01	2.76E+00	<b>1.19</b>
F22	HŞO	-5.26E+00	-1.03E+01	-5.05E+00	-5.09E+00	9.57E-01	2.91
	SAA	-8.81E+00	-1.04E+01	-5.09E+00	-1.04E+01	2.48E+00	3.17
	ÇEO	-8.83E+00	-1.04E+01	-2.75E+00	-1.04E+01	2.70E+00	1.40
	DEA	<b>-1.04E+01</b>	<b>-1.04E+01</b>	<b>-1.04E+01</b>	<b>-1.04E+01</b>	6.11E-11	3.21
	COOT	-1.01E+01	-1.04E+01	-2.75E+00	-1.04E+01	1.40E+00	<b>1.38</b>
F23	HŞO	-5.46E+00	-1.01E+01	-5.11E+00	-5.13E+00	1.27E+00	3.42
	SAA	-8.73E+00	-1.05E+01	-5.13E+00	-1.05E+01	2.59E+00	3.46
	ÇEO	-8.40E+00	-1.05E+01	-2.42E+00	-1.05E+01	3.39E+00	1.62
	DEA	<b>-1.05E+01</b>	<b>-1.05E+01</b>	<b>-1.05E+01</b>	<b>-1.05E+01</b>	2.04E-11	3.57
	COOT	-9.83E+00	-1.05E+01	-2.43E+00	-1.05E+01	2.18E+00	<b>1.53</b>

olmuştur. Böylece keşif ve sömürü arasındaki dengeyi en iyi sağlayan yöntemin DEA olduğu sonucuna varılmıştır.

## SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada son yıllarda önerilen güncel ve popüler metasezgisel optimizasyon yöntemleri (HŞO, SAA, ÇEO, DEA ve COOT) 23 farklı kalite testi fonksiyonunda karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin performansı problemin türüne göre değiştiği için 23 farklı kalite testi fonksiyonları 3 farklı kategoriden oluşmaktadır. Bunlar tek modlu kalite fonksiyonları, çok modlu kalite fonksiyonları ve karmaşık boyutlu çok modlu kalite fonksiyonlarıdır. Yapılan çalışmanın sonucunda tek modlu kalite fonksiyonlarının çoğunluğunda HŞO algoritmasının daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Çok modlu fonksiyonların 5 tanesinde SAA algoritması iyi sonuç verirken, 4 tanesinde HŞO algoritmasının iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Karmaşık boyutlu çok modlu kalite fonksiyonlarında ise 4 fonksiyonda incelenen yöntemler benzer sonuçları üretirken, geri kalan 5 farklı fonksiyonda DEA yöntemi en iyi performansı gösterdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar yöntemlerin performansının probleme göre tamamen değişeceğini göstermektedir. Farklı problemlerin çözümünde farklı yöntemlerin denenmesi gerekmektedir. Araştırmacılar yapılan çalışmadan elde edilen sonuçları kullanarak problemlerinin türüne göre karşılaştırılan yöntemlerden birini seçebilecektir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazar yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Altay, E. V. ve Alatas, B. (2020a). Bird swarm algorithms with chaotic mapping. *Artificial Intelligence Review*, 53(2), 1373-1414.
- Altay, E. V. ve Alatas, B. (2021). Differential evolution and sine cosine algorithm based novel hybrid multi-objective approaches for numerical association rule mining. *Information Sciences*, 554, 198-221.
- Altay, E. V. ve Alatas, B. (2020b). Randomness as source for inspiring solution search methods: Music based approaches. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 537, 122650.
- Altay, E. V. ve Alatas, B. (2019). Performance comparisons of socially inspired metaheuristic algorithms on unconstrained global optimization. In *Advances in Computer Communication and Computational Sciences* (pp. 163-175). Springer, Singapore.
- Altay, E. V. ve Altay, O. (2021). Güncel metasezgisel optimizasyon algoritmalarının CEC2020 test fonksiyonları ile karşılaştırılması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 12 (5), pp. 729-741.
- Altay, O. (2021). Chaotic slime mould optimization algorithm for global optimization. *Artificial Intelligence Review*, 1-62.
- Bonabeau, E., Dorigo, M. ve Theraulaz, G. *Swarm intelligence: from natural to artificial systems*: OUP USA; 1999.
- Blum, C. ve Roli, A. (2003). Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM computing surveys (CSUR)*, 35 (3), 268-308.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1070287



- Dhiman, G. ve Kumar, V. (2018). Emperor penguin optimizer: A bio-inspired algorithm for engineering problems. *Knowledge-Based Systems*, 159, 20-50.
- Dhiman, G. ve Kumar, V. (2019). Seagull optimization algorithm: Theory and its applications for large-scale industrial engineering problems. *Knowledge-Based Systems*, 165, 169-196.
- Dorigo, M., Birattari, M. ve Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization. *Comput Intell Magaz, IEEE*, 1,28–39.
- Faramarzi, A., Heidarinejad, M., Mirjalili, S. ve Gandomi, A. H. (2020). Marine Predators Algorithm: A nature-inspired metaheuristic. *Expert Systems with Applications*, 152, 113377.
- Geem, Z. W., Kim, J. H. ve Loganathan, G. V. (2001). A new heuristic optimization algorithm: harmony search. *simulation*, 76(2), 60-68.
- Heidari, A. A., Mirjalili, S., Faris, H., Aljarah, I., Mafarja, M. ve Chen, H. (2019). Harris hawks optimization: Algorithm and applications. *Future generation computer systems*, 97, 849-872.
- Ho, Y. C. ve Pepyne, D. L. (2002). Simple explanation of the no-free-lunch theorem and its implications. *Journal of optimization theory and applications*, 115(3), 549-570.
- Karacı, A. (2012). A new metaheuristic algorithm based chemical process: Atom Algorithm (p:85). *Proc. 1st International Eurasian Conference on Mathematical Sciences and Applications*, September 03-07, Pristina, Kosova.
- Kashan, A. H. (2009). League Championship Algorithm: A new algorithm for numerical function optimization. In *SoCPaR*, 43-48.
- Kaveh, A. ve Bakhshpoori T. (2016). Water evaporation optimization: A novel physically inspired optimization algorithm. *Computers & Structures*, 167, 69-85.
- Kennedy, J. ve Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization, in *Neural Networks*, In: *Proceedings, IEEE international conference on. 1942–1948*.
- Kızılluluk, S. ve Can, Ü. (2021). Kalite Test Fonksiyonları Kullanılarak Güncel Metasezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Karşılaştırılması. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 100-112.
- Kripka, M. ve Kripka, R. M. L. (2008). Big crunch optimization method. In *International conference on engineering optimization*. Brazil, 1-5.
- Labbi, Y., Attous, D. B., Gabbar, H. A., Mahdad, B. ve Zidan, A. (2016). A new rooted tree optimization algorithm for economic dispatch with valve-point effect. *Int J Electr Power Energy Syst* 79, 298–311.
- Naruei, I. ve Keynia, F. (2021). A New Optimization Method Based on Coot Bird Natural Life Model. *Expert Systems with Applications*, 115352.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M. ve Hatamlou, A. (2016). Multi-verse optimizer: a nature-inspired algorithm for global optimization. *Neural Computing and Applications*, 27(2), 495-513.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M. ve Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in engineering software*, 69, 46-61.
- Mirjalili S. (2016). SCA: A Sine cosine algorithm for solving optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 96, 120-133.
- Shi, Y. (2011). Brain storm optimization algorithm. In *International Conference in Swarm Intelligence*. 303-309, Springer Berlin Heidelberg.
- Weise, T. (2011). *Global optimization algorithms-theory and application (third edition)* Online E-Book <http://www.it-weise.de/projects/bookNew.pdf>.
- Xing, B. ve Gao, W. J. (2014). Central force optimization algorithm. In *Innovative Computational Intelligence: A Rough Guide to 134 Clever Algorithms*. 333-337, Springer International Publishing.
- Xue, J. ve Shen, B. (2020). A novel swarm intelligence optimization approach: sparrow search algorithm. *Systems Science & Control Engineering*, 8(1), 22-34.
- Yang, X. S. (2010). *Engineering optimization: An introduction with metaheuristic applications*. Hoboken new jersey: John Wiley & Sons.

## Character of the interaction in the $As_2Te_3$ -TlSe System and Electrophysical Properties of the Phases Obtained

İmir Aliev<sup>1\*</sup>, Ceyran Ahmedova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after M.F.Nagiyev NAS, Baku, Azerbaijan

<sup>2</sup>Adiyaman University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry, Adiyaman, Türkiye

\*aliyevimir@rambler.ru , cahmedova@adiyaman.edu.tr 

Received date:08.11.2021, Accepted date: 03.03.2022

### Abstract

The character of the interaction in the  $As_2Te_3$ -TlSe system was studied by the methods of Differential Thermal Analysis (DTA), X-ray Diffraction (XRD), Microstructure analysis (MCA), and also by measuring the microhardness and determining the density of alloys, and state diagram was constructed. It is established that the  $As_2Te_3$ -TlSe state diagram is a quasibinary section of the triple mutual system As, Tl // Se, Te. Two new compounds,  $TlAs_2Te_3Se$  and  $Tl_3As_2Se_3Te_3$ , are formed in the  $As_2Te_3$ -TlSe system. Both compounds are obtained in the vitreous state. Solid solutions based on  $As_2Te_3$  at room temperature reach up to 3 mol.% TlSe, and based on TlSe-2 mol.%  $As_2Te_3$ . The electrical conductivity and thermoelectric power coefficient of the  $(As_2Te_3)_{1-x}(TlSe)_x$  solid solutions have been measured as functions of temperature.

**Keywords:** Alloys, compound, congruently, thermoelectric

## $As_2Te_3$ -TlSe Sistemindeki Etkileşimin Karakteri ve Elde Edilen Fazların Elektrofiziksel Özellikleri

### Öz

$As_2Te_3$ -TlSe sistemindeki etkileşimin karakteri, Diferansiyel Termal Analiz (DTA), X-ışını Kırınım (XRD), Mikroyapı analizi (MCA) yöntemleri ile ve ayrıca mikrosertlik ölçülerek ve alaşımların yoğunluğu belirlenerek incelenmiştir ve durum diyagramı oluşturulmuştur.  $As_2Te_3$ -TlSe faz diyagramı As, Tl // Se, Te üçlü karşılıklı sistemin kuvazi binar kesiti olduğu tespit edilmiştir.  $As_2Te_3$ -TlSe sisteminde iki yeni bileşik,  $TlAs_2Te_3Se$  ve  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  oluşturulmuştur. Her iki bileşik de camsı halde elde edilir. Oda sıcaklığında  $As_2Te_3$  bileşiğine dayalı katı çözelti alanı 3 mol. % TlSe ve TlSe bileşiğine dayalı katı çözelti alanı ise 2 mol. %  $As_2Te_3$  olarak belirlenmiştir.  $(As_2Te_3)_{1-x}(TlSe)_x$  katı çözeltilerinin elektrik iletkenliği ve termoelektrik gücü, sıcaklığın fonksiyonu olarak ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Alaşımlar, bileşik, kongruent, termoelektrik

### INTRODUCTION

To elucidate the character of the chemical interaction of arsenic and thallium chalcogenides, as well as to search for new compounds, solid solutions, and areas of glassy alloys, the  $As_2Te_3$ -TlSe system was studied. The creation of physical and chemical bases for obtaining multicomponent phases with

desired characteristics requires the study of phase diagrams in the corresponding systems. It is known that arsenic and thallium chalcogenides, as well as solid solutions based on them, are used as light-sensitive materials in the photoelectronic industry (Kandpal and Kushvakha, 2007; Littler et al., 2006; Rustamov et al., 1984; Aliev, 2007). There are many

data in the literature on the interaction of arsenic and thallium chalcogenides in ternary and quaternary systems (Aliev et al., 1988; Farzaliev et al., 2006; Veliyev et al., 2007; Aliev, 1992). The initial components are characterized by the following data:  $As_2Te_3$  melts congruently at 654 K and crystallizes in a monoclinic system with lattice parameters:  $a = 1.4339$ ;  $b = 0.4006$ ;  $c = 0.9873$  nm,  $\beta = 95^\circ$ , space group  $C2/m$  (Khvostorenko, 1972). The TlSe compound melts congruently at 603 K and has a B37 type structure with the following tetragonal lattice parameters:  $a = 0.803$ ;  $c = 0.7014$  nm (Lyakishev N.P., 2001).

## MATERIAL AND METHODS

The initial components of the system were synthesized from high-purity elements in evacuated quartz ampoules evacuated to 0.133 Pa in the temperature range 670–870 K. B5 grade arsenic, Tl-000 thallium, and B4 grade selenium and tellurium were used as initial elemental substances. The ternary alloys of the system were synthesized from  $As_2Te_3$  and TlSe master alloys in the temperature range 770–1070 K. Samples of the  $As_2Te_3$ -TlSe system were annealed at 470, 500, and 510 K for 700 h.

The interaction in the  $As_2Te_3$ -TlSe system was studied by differential thermal (DTA), X-ray phase (XRD), microstructural (MSA) analyses, as well as by measuring microhardness and determining density.

The DTA of the alloys was carried out on a TERMOSCAN-2 device with calibrated chromel-alumel thermocouples, and  $Al_2O_3$  was used as a reference. The heating rate was 10 deg/min. X-ray phase analysis was performed on a D-2 PHASER instrument using  $Cu\alpha$  radiation with a Ni filter. The microstructure of alloys of the  $As_2Te_3$ -TlSe system was studied using a MIM-8 metallographic microscope on pre-etched sections polished with GOI paste. The microstructure was revealed with an etchant composition of 10 ml conc. NaOH: 5 ml  $C_2H_5OH = 1:1$ , etching time 20 s. The microhardness of the system alloys was studied on an RMT-3 installation at loads of 0.10 and 0.20 N. The density of the system alloys was determined by the pycnometric method, toluene was used as the

working fluid. Their electrical conductivity and thermoelectric coefficient were measured by the standard compensation method (Gorbachev and Okhotin, 1972; Kolomiets, 1962; Okhotin et al., 1969) on parallelepiped-shaped samples. The measurement error was 2.7–3.0%.

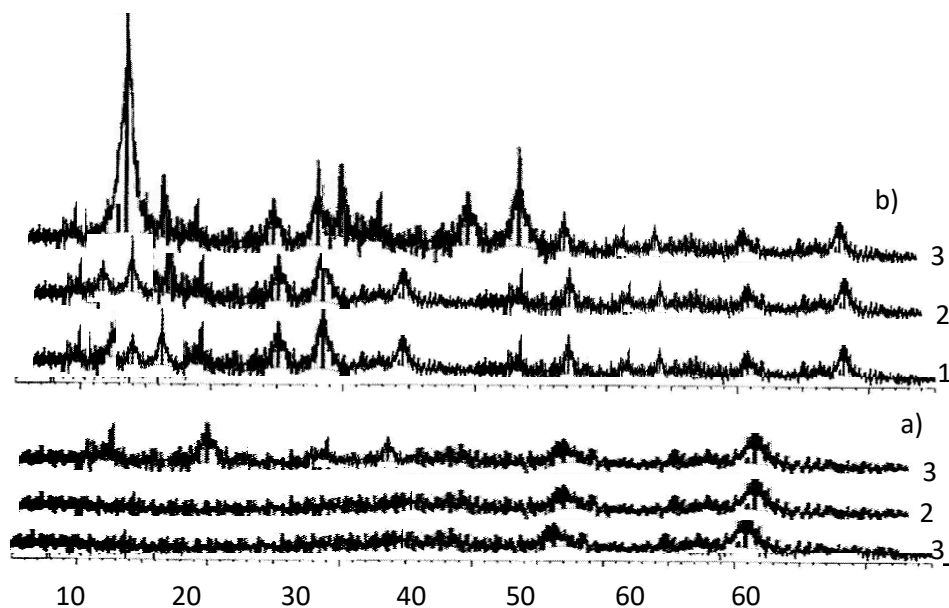
## RESULTS AND DISCUSSION

All obtained samples are compact. Alloys with a high content of  $As_2Te_3$  have a metallic luster, the rest of the alloys are black. At room temperature, all samples of the  $As_2Te_3$ -TlSe system are resistant to water, air and organic solvents. Strong mineral acids decompose them. Equilibrium alloys were investigated by physical-chemical analysis methods before and after annealing.

DTA alloys before annealing showed that from the region of 0-40 mol.% TlSe all fixed effects on the heating and cooling curves except for alloys from the region of 40-90 mol.% TlSe are reversible. On the thermograms of the alloys of these regions, there are two ranges of softening temperatures  $T_g$ -411 K and  $T_g$ -433 K.

X-ray diffraction study of alloys from the region of 40-90 mol.% TlSe confirms the data of DTA. No strong diffraction peaks are observed in the diffraction patterns of cast alloys (Figure 1a). The results obtained provide grounds for the formation of a glass formation region in the system. To crystallize glassy alloys based on  $TlAs_2Te_3Se$  and  $Tl_3As_2Se_3Te_3$ , they were annealed at 440 and 470 K for 800 h, respectively. After annealing, thermograms of alloys from the region of 40–90 mol. % TlSe, the softening points disappear and, accordingly, diffraction maxima appear on the diffraction patterns (Figure 1b). This indicates that glassy alloys become crystalline after prolonged annealing.

To confirm the region of glass formation, the microstructure, microhardness, and density of the samples were studied before and after annealing. Microstructure in the concentration range of 40-90 mol. % TlSe shows that there are no crystalline inclusions in this range. Alloys containing 0-2, 50, 75 and 98-100 mol.% TlSe are single-phase, the remaining alloys are two-phases. It is established that in the system with slow cooling the



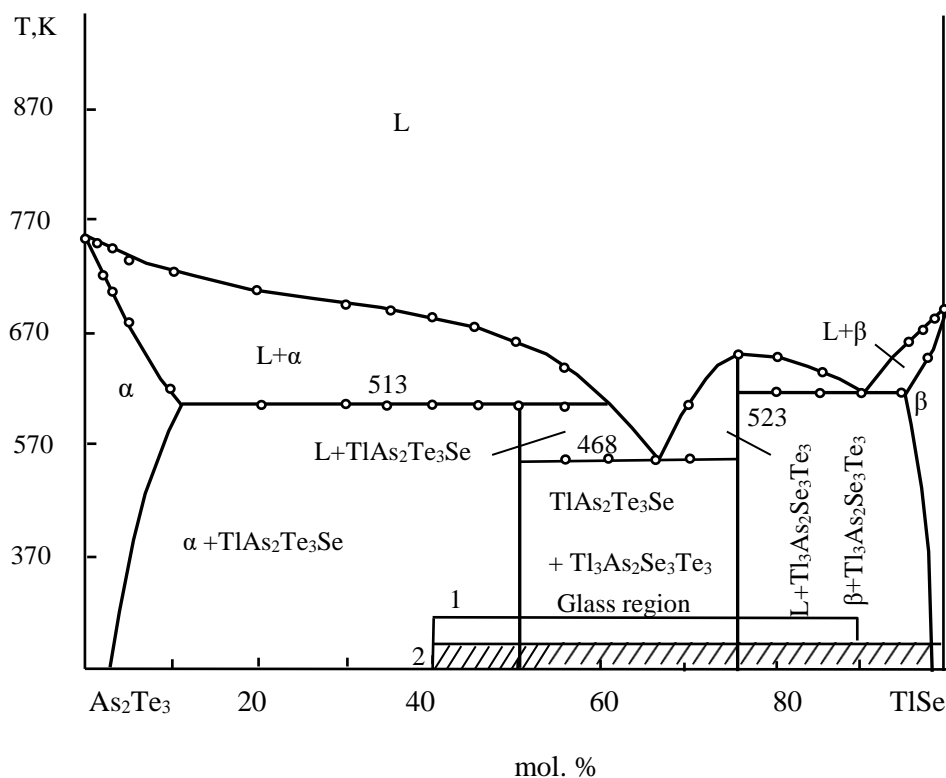
**Figure 1.** Diffractograms of glassy alloys of the  $As_2Te_3$ -TlSe system. 1-60, 2-70, 3-80 mol. % TlSe before annealing (a), after annealing (b).

boundary of the glass formation region extends from 40 to 90 mol.% TlSe, and in the quenching regime in liquid nitrogen, from 40 to 100 mol% TlSe.

As a result of the physicochemical analysis, a diagram of the state diagram of the  $As_2Te_3$ -TlSe system was constructed (Figure 2). Two new chemical compounds of the  $TlAs_2Te_3Se$  and  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  were found in the system. The  $TlAs_2Te_3Se$  compound melts incongruently at 513 K,

and  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  melts congruently at 558 K. Both compounds are obtained in the vitreous state. The results of X-ray diffraction alloys containing 50, 75 mol.% TlSe, confirm the existence of the compounds  $TlAs_2Te_3Se$  and  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  (Figure 3).

On the diffractograms of alloys of 50 and 75 mol % TlSe (Figure 3), the diffraction maxima obtained are different in intensity and interplanar distances from the original components.



**Figure 2.** The phase diagram of the As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe system (the glassformation region obtained in the slow cooling mode (1), in the quenching regime in liquid nitrogen (2)).

The X-ray diffraction showed that the TlAs<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>Se compound crystallizes in tetragonal system with lattice parameters:  $a = 1.085$ ;  $c = 0.932$  nm,  $Z = 6$ , the density is  $\rho_{\text{puc.}} = 7.20 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , and  $\rho_{\text{x-ray.}} = 7.34 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

The Tl<sub>3</sub>As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>Te<sub>3</sub> compound crystallizes in a hexagonal system with lattice parameters:  $a = 1.172$ ;

$c = 0.976$  nm,  $Z = 4$ , the density is  $\rho_{\text{puc.}} = 7.62 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  and  $\rho_{\text{x-ray.}} = 7.82 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  (see Table 1).

In the As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe system, limited homogeneity regions on the Ae<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> basis were found up to 3 mol.% TlSe, and based on TlSe -2 mol.% As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>.

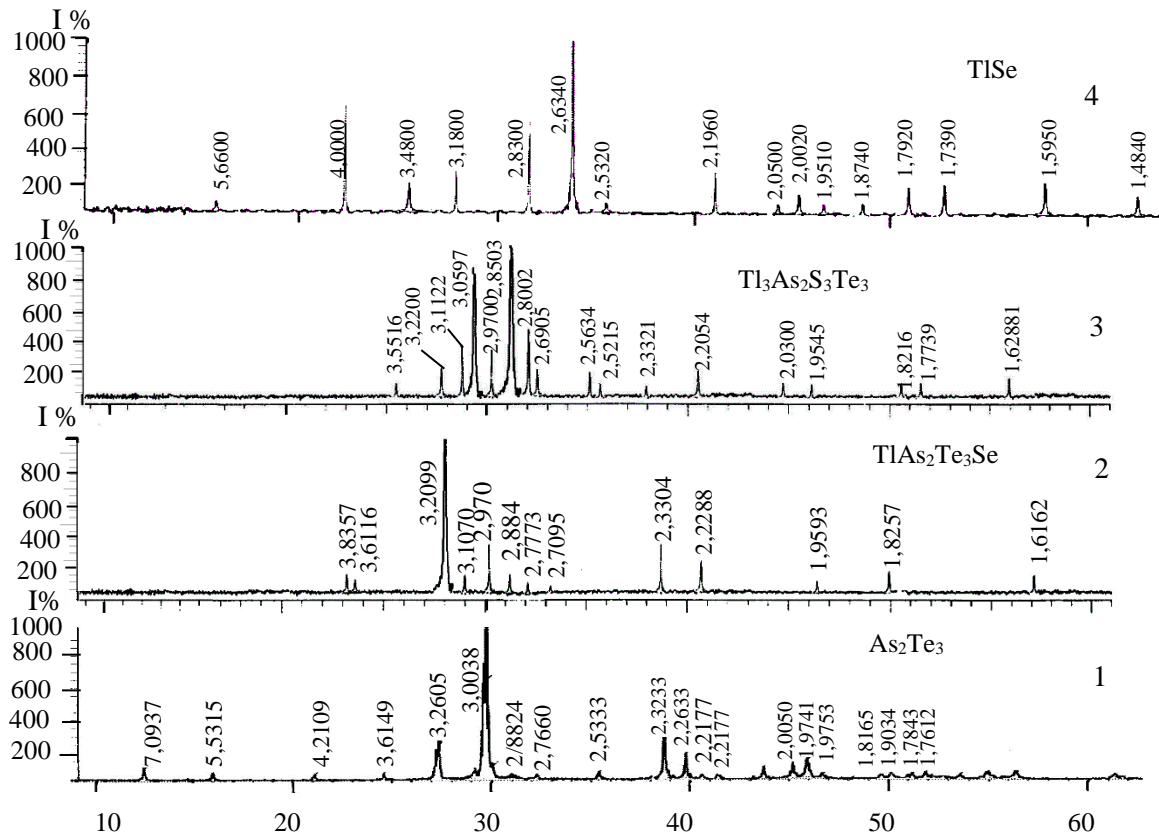


Figure 3. Diffractograms of glassy alloys of the As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe system. 1- As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, 2- TlAs<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>Se, 3- Tl<sub>3</sub>As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>Te<sub>3</sub>, 4- TlSe.

**Table 1.** X-ray diffraction data for the compounds  $TlAs_2Te_3Se$  and  $Tl_3As_2Te_3Se_3$ .

$TlAs_2Te_3Se$				$Tl_3As_2Te_3Se_3$			
I	$d_{\text{eksp.}}, \text{Å}$	$d_{\text{cal.}}, \text{Å}$	hkl	I	$d_{\text{eksp.}}, \text{Å}$	$d_{\text{cal.}}, \text{Å}$	hkl
16	3.8357	3.8348	220	12	3.5516	3.5714	211
13	3.6116	3.6155	300	20	3.2200	3.2530	003
100	3.2099	3.2191	311	44	3.1122	3.0979	103
13	3.1070	3.1068	003	86	3.0597	3.0165	212
37	2.9700	3.0082	320	36	2.9700	2.9298	220
16	2.8845	2.8571	302	100	2.8503	2.8444	113
13	2.7773	2.7629	312	56	2.8002	2.8149	310
6	2.7095	2.7116	400	16	2.6905	2.7047	311
37	2.3304	2.3313	004	16	2.5634	2.5375	400
26	2.2288	2.2294	114	12	2.5215	2.5118	222
13	1.9593	1.9592	304	10	2.3321	2.3237	321
18	1.8257	1.8242	531	16	2.2054	2.2115	410
16	1.6162	1.6169	630	12	2.0300	2.0298	500
				12	1.9545	1.9518	330
				12	1.8216	1.8230	510
				12	1.7739	1.7851	242
				14	1.6288	1.6265	006

According to the measurements of the microhardness of alloys of the  $As_2Te_3$ -TlSe system, four series of values were found. The values (1650-1720) MPa correspond to the microhardness of  $\alpha$ -solid solutions based on  $As_2Te_3$  (Tables 2, 3). The values (670-900) MPa are the microhardness of glassy  $TlAs_2Te_3Se$  and glasses based on it, the values (990-1000) MPa correspond to the microhardness of  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  and glasses based on it, and the values (700-740) MPa correspond to the microhardness of  $\beta$ -solid solutions based on TlSe (Table 2). After annealing, the microhardness to the region of the glasses varies in the range (570-620) MPa and (800-850) MPa, respectively. (Table. 3).

The liquidus of the  $As_2Te_3$ -TlSe system consists of four branches of primary crystallization:

$\alpha$ -phase (solid solutions based on  $As_2Te_3$ ),  $TlAs_2Te_3Se$ ,  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  and  $\beta$ -phase (solid solutions based on TlSe).

In the concentration range of 0-60 mol. % TlSe, primary crystals of the  $\alpha$ -phase crystallize. The primary crystallization of  $TlAs_2Te_3Se$ ,  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  ends with a double eutectic of composition 66 mol. % TlSe, melting point 468 K. The  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  compound and the  $\beta$ -phase form a eutectic at 523 K, the composition is 90 mol. % TlSe. Below the solidus line, two-phase alloys ( $\alpha$  +  $TlAs_2Te_3Se$ ) and ( $Tl_3As_2Se_3Te_3$  +  $\beta$ ) crystallize.

Some physical and chemical properties of alloys of the  $As_2Te_3$ -TlSe system before and after annealing, that is. the glassy and crystalline state is presented in the tables 2, 3.



**Table 2.** Composition, DTA results, microhardness measurements and density determination of alloys of the As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe system before annealing (glassy)

Composition, mol %		Thermal effects, K	Density, 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	Microhardness, MPa			
As <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	TlSe			α	TlAs <sub>2</sub> SeTe <sub>3</sub>	Tl <sub>3</sub> As <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> Te <sub>3</sub>	TlSe
				P=0,20 H			P=0,10 H
100	0.0	654	6,25	1650	-	-	-
99	1,0	653	6.27	1690	-	-	-
98	2,0	623.648	6.29	1720	-	-	-
97	3.0		6.31	1720	-	-	-
95	5.0	583.633	6.35	1710	-	-	-
90	10	523.628	6,40	1720	900	-	-
80	20	513.345	6.52	1720	900	-	-
70	30	513.603	6.61	1720	890	-	-
65	35	408.513.598	6.72	1720	890	-	-
60	40	408.513.593	6.81	-	870	-	-
55	45	411.513.578	6.92	-	880	-	-
50	50	411.5132.57	7.12	-	870	-	-
45	55	413.463.513.	7.18	-	870	-	-
40	60	408.468.513	7.25	-	870	-	-
34	66	428.468	7.31	-	-	1000	-
30	70	433.468.518	7.43	-	-	1000	-
25	75	433.558	7.52	-	-	990	-
20	80	433.523.553	7.60	-	-	990	-
15	85	433.523.548	7.75	-	-	-	-
10	90	433.523	7.86	-	-	-	-
5.0	95	533.573	7.95	-	-	-	740
3.0	97	533.583	8.05	-	-	-	740
1,0	99	598	8.15	-	-	-	720
0.0	100	603	8.20	-	-	-	700

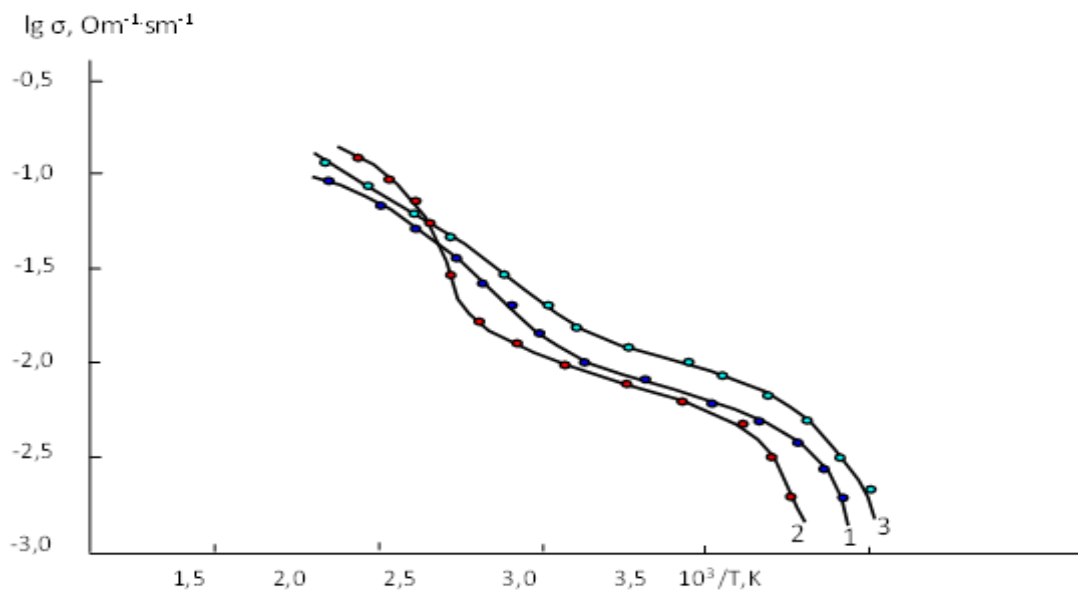
**Table 3.** Composition, DTA results, measurements of microhardness and determination of the density of alloys of the As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-TlSe system after annealing (crystalline)

Composition, mol %		Thermal effects, K	Density, 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	Microhardness, MPa			
As <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	TlSe			α	TlAs <sub>2</sub> SeTe <sub>3</sub>	Tl <sub>3</sub> As <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> Te <sub>3</sub>	TlSe
				P=0,10 H			P=0,10 H
100	0.0	654	6.25	1650	-	-	-
99	1,0	653	6.28	1690	-	-	-
98	2,0	623.648	6.32	1720	-	-	-
97	3.0	613.638	6.39	1720	-	-	-
95	5,0	583.633	6.40	1710	-	-	-
90	10	523.628	6.50	1720	-	-	-
80	20	513.345	6.61	1720	620	-	-
70	30	513.603	6.70	1720	620	-	-
65	35	513.598	6.82	1720	620	-	-
60	40	513.593	6.96	-	610	-	-
55	45	513.578	7.10	-	590	-	-
50	50	513.573	7.20	-	570	-	-
45	55	468.513.548	7.25	-	570	-	-
40	60	468,513	7,31	-	570	-	-
34	66	468	7.39	-	Eutect.	Eutect.	-
30	70	468.518	7.50	-	-	850	-
25	75	558	7.62	-	-	850	-
20	80	523.553	7.70	-	-	830	-
15	85	523.548	7,77	-	-	800	-
10	90	523	7.88	-	-	Eutect.	Eutect.
5,0	95	533.573	7.96	-	-	-	740
3.0	97	553.583	8.10	-	-	-	740
1,0	99	598	8.18	-	-	-	720
0.0	100	603	8.20	-	-	-	700

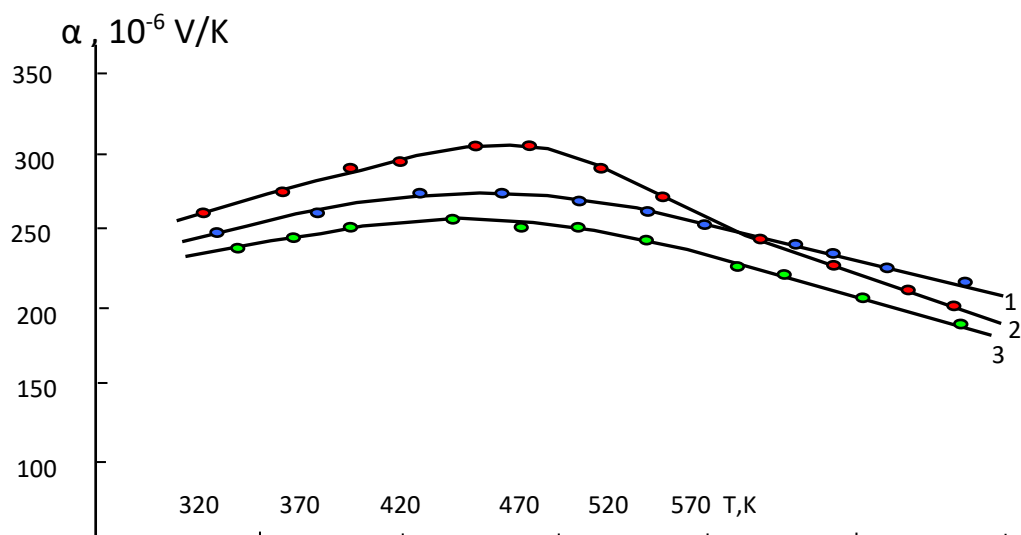
The temperature dependences of electrical conductivity and thermopower coefficient for three single-phase alloys based on As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> have been studied. The temperature dependence of the electrical conductivity of solid solutions (As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> (x = 0.01, 0.02, 0.03) is shown in Figure 4. The behavior of the electrical conductivity curves of solid solutions (As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> is identical to solid solutions. As can be seen from Figure 4, electrical conductivity increases over the entire temperature range, which is typical for semiconductors. Curves for dependence  $f \sim 103/T$  can be divided into two temperature ranges: 98-470 K and 470-570 K, the

first value of electrical conductivity corresponds to the region of impurity conductivity, and the second value corresponds to intrinsic conductivity (Figure 4).

In Figure 5 shows the temperature dependence of the thermoelectric power coefficient of solid solutions (As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> (x = 0.01, 0.02, 0.03). With an increase in temperature, the thermoelectric power coefficient of all three alloys first increases, passes through a maximum, and then decreases, which, apparently, is associated with the transition from the impurity region to the region of intrinsic conduction (Figure 5). All solid solution alloys have p-type conductivity.



**Figure 4.** Temperature dependence of the electrical conductivity of solid solutions  $(As_2Te_3)_{1-x}(TlSe)_x$ . 1-1 mol. %, 2-2 mol. %, 3-3 mol. % TlSe.



**Figure 5.** Temperature dependence of the thermo-emf coefficient of solid solutions  $(As_2Te_3)_{1-x}(TlSe)_x$ . 1-1 mol. %, 2-2 mol. %, 3-3 mol. % TlSe.

The  $As_2Te_3$ -TlSe system has been studied by DTA, XPA, MSA, as well as microhardness measurements and alloy density determinations, and its state diagram has been constructed. It has been established that the state diagram of the  $As_2Te_3$ -TlSe

system is a quasi-binary section of the quaternary system As, Tl // Se. In the  $As_2Te_3$ -TlSe system, two new compounds  $TlAs_2Te_3Se$  and  $Tl_3As_2Se_3Te_3$  are formed. The  $TlAs_2Te_3Se$  compound melts congruently at 513 K and crystallizes in the tetragonal

syngony with unit cell parameters:  $a = 1.085$ ;  $c = 0.932$  nm,  $Z = 6$ , density  $\rho_{\text{puc.}} = 7.20 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, and  $\rho_{\text{X-ray}} = 7.34 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. The  $\text{Tl}_3\text{As}_2\text{Se}_3\text{Te}_3$  compound crystallizes in a hexagonal syngony with lattice parameters:  $a = 1.172$ ;  $c = 0.976$  nm,  $Z = 4$ , the density is  $\rho_{\text{puc.}} = 7.62 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup> and  $\rho_{\text{X-ray}} = 7.82 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. Solid solutions based on  $\text{As}_2\text{Te}_3$  at room temperature reach up to 3 mol. %  $\text{TlSe}$ , and based on  $\text{TlSe}$  -2 mol.%  $\text{As}_2\text{Te}_3$ . The electrical conductivity and thermoelectric power coefficient of the  $(\text{As}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlSe})_x$  solid solutions have been measured as functions of temperature.

The behavior of the electrical conductivity curves of solid solutions  $(\text{As}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlSe})_x$  is identical to solid solutions. Electrical conductivity increases over the entire temperature range, which is typical for semiconductors.

#### ACKNOWLEDGMENT

The work has been carried out within the framework of the international joint research laboratory "Advanced Materials for Spintronics and Quantum Computing" (AMSQC) established between Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry of ANAS (Azerbaijan) and Donostia International Physics Center (Basque Country, Spain).

#### CONFLICT OF INTEREST

The Authors report no conflict of interest relevant to this article

#### RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT


The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

#### REFERENCES

- Aliev, I.I. (1992). Physicochemical basis for obtaining new materials in arsenic chalcogenide systems with cadmium, indium and thallium chalcogenides. Dis. for a doctor of chemical sciences. Baku, 380 p.
- Aliev, I.I., Aliev, O.M., Rustamov, G.P. and Ilyasov, T.M. (1988). Russ. J. Inorg. Chem, 33, 2376-2378.
- Aliev, I.I., Babanly, M.B. and Farzaliev, A.A. (2007 May). Optical and photoelectric properties of thin glass films  $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{1-x}(\text{TlSe})_x$  ( $X = 0.05-0.01$ ). XI International Conference on the Physics and Technology of Thin Films: Ivano-Frankivsk, 86.
- Farzaliev, A.A., Aliev, I.I., Aliev, O.M. and Aliev, I.G. (2006). J. Chem. Prob., 2, 284-287.
- Gorbachev, V.V. and Okhotin, A.S. (1972). Thermophysical properties of semiconductors. Moscow, Atomizdat, 200 p.
- Kandpal, Seema and Kushwaha, R. P. S. (2007). Indian Academy of Sciences, PRAM ANA J. of Phys, 69, 481.
- Khvostorenk, A.S. (1972). Chalcogenides of arsenic. Review from the series, Physical and Physical Properties of a Solid Body. Moscow, 93 p.
- Kolomiets, N.B. (1962). Plant. Lab., 28 (2), 238-240.
- Little, C., Fu, M., Mägi, L. B., Pudo, D. and Eggleton, B. J. (2006). Optics Express, 14, 8088.
- Lyakishev, N.P. (2001). Diagrams of the state of double metallic systems. Mechanical Engineering, 3, 872 p.
- Okhotin, A.S., Pushkarskii, N.S., Borovikova, R.P. and Smirnov, R.A. (1969). Methods for studying the thermoelectrical properties of semiconductors. M.: Atomizdat, 175 p.
- Rustamov, P.G., Aliev, I.I., Ilyasov, T.M. and Abilov, Ch.I. (1984). Photoelectric properties of  $\text{As}_2\text{Se}_3\text{-Tl}_2\text{Te}$  glass systems. Proceedings of the conference "Amorphous semiconductors", BAS. Sofia, 162.
- Veliev, C.A., Aliev, I.I. and Mamedova, A.Z. (2007). Russ. J. of Inor. Chem. 52, 312-315.

## BiGRU-CNN Tabanlı Derin Öğrenme Modeliyle Türkiye'deki Covid-19 Aşılarına Yönelik Twitter Duygu Analizi

Serpil Aslan

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği  
Bölümü, Malatya, Türkiye  
serpil.aslan@ozal.edu.tr 

Makale gönderme tarihi: 14.03.2022, Makale kabul tarihi: 26.04.2022

### Öz

Günümüzde, sosyal medya platformları duyguları ifade etmenin en iyi yoludur. Yaklaşık iki yıldır, Covid-19 yeni koronavirüs salgının ortaya çıkması tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insanların üzerinde benzeri görülmemiş karmaşık duygular yarattı. Covid-19'a karşı aşı çalışmalarının başlamasından sonra insanların duyguları daha karmaşık hale geldi. Daha yakın zamanda, Covid-19'un Delta, Omicron vb. varyantlarının çıkması da toplumda yeniden büyük bir korku yarattı. İnsanlar, bu süreçte duygu ve düşüncelerini paylaşmak üzere Twitter gibi sosyal medya araçlarına yöneldi. Twitter'da duygu analizi yapmak çok önemli ve zorlu bir görevdir. Bu çalışmada amacımız, derin öğrenme mimarilerinin gücünden faydalanarak Türk halkının aşılama süreciyle ilgili farklı duygularını araştırmak ve halkın mevcut aşılama girişimlerine yönelik tepkilerine genel bir bakış sunmaktır. Çalışmada, Twitter'da 16 Haziran 2021 ve 18 Eylül 2021 arasında paylaşılan Türkçe tweetler toplanmıştır. İnsanların her türden aşılarla ilgili duyguları, doğal dil işleme (NLP) aracı olan TextBlob kullanılarak değerlendirildi. Daha sonra, duygu sınıflandırması için yeni bir model önerildi. Önerilen model, Glove kelime gömme vektörüyle tek katmanlı Çift-yönlü Geçitli Tekrarlayan Birim (Bi-GRU) ve Evrişimli Sinir Ağı (CNN) modelini kullanan BiGRU-CNN modelidir. Önerilen yöntemin deneysel sonuçları en son modellerle kıyaslandığında umut vericidir. Bu çalışma, halkın COVID-19 aşıları hakkındaki görüşlerinin anlaşılmasını geliştirmekte ve koronavirüsü dünyadan yok etme hedefini desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Covid-19 aşı, duygu analizi, derin öğrenme, Glove, CNN, BiGRU

## Twitter Sentiment Analysis for Covid-19 Vaccines in Turkey based on BiGRU-CNN Deep Learning Model

### Abstract

Nowadays, social media platforms are the best way to express emotions. For nearly two years, the emergence of the Covid-19 new coronavirus epidemic has created unprecedented complex emotions on people in our country as well as all over the world. People's emotions became more complex after the start of vaccine studies against Covid-19. More recently, Covid-19's Delta, Omicron etc. The emergence of variants also created a great fear in the society again. In this process, people turned to social media tools to share their feelings and thoughts. Achieving sentiment analysis on Twitter is a very important and challenging task. The aim of this study is to investigate the different feelings of the Turkish people about the vaccination process by making use of the power of deep learning architectures and to provide an overview of the public's reactions to the current vaccination initiatives. In the study, Turkish tweets shared on Twitter between 16 June 2021 and 18 September 2021 were collected. People's feelings about vaccines of all kinds were assessed using TextBlob, a natural language processing (NLP) tool. Next, a new model for emotion classification was proposed. The proposed model is the BiGRU-CNN model using a single-layer Bi-directional Gateway Recurrent Unit (Bi-GRU) and Convolutional Neural Network (CNN) model with the Glove word embedding vector. The experimental results of the proposed method are promising when compared with the latest models. This work improves understanding of the public's views on COVID-19 vaccines and supports the goal of eradicating the coronavirus disease from the world.

**Keywords:** Covid-19 vaccines, sentiment analysis, deep learning, Glove, CNN, BiGRU

## GİRİŞ

Koronavirüs hastalığı (Covid-19), ilk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde bildirilen yeni koronavirüs SARS-CoV-2'nin neden olduğu bulaşıcı bir hastalıktır. Başlangıçta 2019 Koronavirüs Hastalığı olarak bilinen bu hastalık, 11 Mart 2020'de Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından pandemi olarak ilan edildi (WHO,2020). Son istatistiklere dayanarak, dünya çapında 423 milyondan fazla insan koronavirüsten etkilenmiş ve yaklaşık 5,8 milyon ölüm vakası meydana gelmiştir (Woldometer,2022). Türkiye' de ise ilk koronavirüs vakasının görüldüğü 11 Mart 2020 tarihinden itibaren vaka sayısı 14,3 milyondan fazla iken koronavirüs sebebiyle gerçekleşen ölüm sayısı ise yaklaşık 92 bindir.

COVID-19 salgını 2020 yılının felaketi olarak yorumlanmaktadır (Şengür, 2021). Covid-19 sağlık sektörüne ciddi zararlar vermiş ve güvenlik kavramını hayatımızın her alanında değiştirmiştir. Sosyal mesafe, koronavirüsün yayılmasını azaltmak için etkili bir yöntemdir. Maske takmak, el yıkamak gibi diğer tedbirlerde oldukça önemlidir. Bununla birlikte, tüm bu tedbirler yalnızca koronavirüsün yayılmasını azaltabilir, tamamen ortadan kaldırmaz. Burada aşı, koronavirüse karşı en etkili şekilde savaşılabilecek salgınla mücadelenin kilidi ve muhtemelen onu ortadan kaldıracak tek çözüm olarak gün ışığına çıkmaktadır. Covid-19'a karşı aşuların geliştirilmesi, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün pandemi olarak ilan etmesinden bu yana küresel bir amaç olmuştur. Covid-19 için 115'in üzerinde aşı çalışması araştırılmakta ve denenmektedir (Rehman ve ark.,2020). Bir aşının geliştirilmesi genellikle yıllar alır. Covid-19 aşı çalışmalarının diğer aşulara nispeten daha hızlı gelişimi, SARS-Cov-2' ye %80 benzeyen SARS-CoV aşuları üzerine yapılan önceki çalışmalara dayanmaktadır (Badgular ve ark., 2020). Covid-19 aşuları sayesinde kazanılacak bağışıklık ile salgının şiddeti azaltılabilir. Covid-19 aşularının piyasaya sürülmesi, virüsün etkisiyle sosyal ve ekonomik açıdan yıpranmış toplumlarda pek çok kişide rahatlama ve iyimserlik duygusu uyandırmıştır. Türkiye'de SinoVac (İnaktik SARS-CoV-2 aşısı),

Pzifer-BioNTech (RNA tabanlı aşı) ve yerli üretim TURKOVAC olmak üzere üç çeşit Covid-19 aşısı uygulanmaktadır.

Covid- 19 pandemi sürecinin birçok insan üzerinde yıkıcı etkisi oldu, şiddetli endişe, korku ve beraberinde karmaşık duygular yarattı. Aşuların başlamasından sonra duygular daha karmaşık hale geldi. Aşılama sürecine geçildikten sonra, toplum kendi içerisinde aşı yanlısı, aşı karşıtı ve kararsız olmak üzere üç farklı gruba ayrılmıştır. Toplum içerisinde aşıyla ilgili ciddi endişeler ve güvensizlik vardır. İnsanlar en başından beri tüm aşılama süreci hakkında karışık duygular içindeydiler; hatta kendi aile üyelerimizle bile bu tür çatışmalar veya sorularla karşılaştık. Yakın zamanda, insanların aşı olmayı neden iki kereden fazla düşündükleri bilimsel makalelerde geniş çapta tartışılmıştır. Nedenlerden bazıları, aşuların çok hızlı icat edilmesi, üzerinde yeterince araştırma yapılamaması, kansere (Trapani ve Curigliano,2021) veya kısırlığa neden olabilmesi, 2. dozu almanın etkinliğine ilişkin endişeler, alerjik reaksiyonlar (Cabanillas ve Novak, 2021) vb. elde edilmiştir. Ayrıca, çevrimiçi sosyal medya platformlarında aşularla ilgili yapılan eksik veya yanlış yorumların bireylerin aşı tutumlarında ciddi etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Koronavirüs aşularıyla ilgili paylaşılan uygunsuz tweetler aşı reddi yaşayan bireylerin tutumlarını pekiştirdiği gibi aşılama konusunda kararsızlık yaşayan bireylerinde fikirlerinin aşı reddine dönüşmesine sebep olmaktadır. Şekil 1'den, Türkiye'de halkın çoğunun aşılanmadığı veya ilk dozdan sonraki dozları uygulamadığı açıkça görülmektedir.

Çalışmanın amacı, Twitter verilerinin gücünden faydalanarak Türkiye'deki Twitter kullanıcıları arasında Covid-19 aşularıyla ilgili atılan tweetlerin ve bu tweetlere yapılan yorumların duygularını derin öğrenme tabanlı doğal dil işleme teknikleri yardımıyla araştırmaktır. Çalışmada, Twitter'da 16 Haziran 2021 ve 18 Eylül 2021 arasında paylaşılan Türkçe tweetler toplanmıştır. İnsanların her türden aşularla ilgili duyguları, doğal dil işleme (NLP) aracı olan TextBlob kullanılarak

değerlendirildi. Daha sonra, duygu sınıflandırması için yeni bir model önerildi. Önerilen model, Glove kelime gömme vektörüyle tek katmanlı Geçitli Tekrarlayan Birim (gRU) ve Evrişimli Sinir Ağı (CNN)'na dayalı hibrit BiGRU-CNN modelidir. Önerilen model, evrişimli sinir ağının ve tekrarlayan sinir ağının özelliklerini ve avantajlarını birleştirir. Önerilen modelde, GRU bir tweetteki sıralı bilgileri ve uzun mesafe bağımlılıklarını yakalarken, CNN ise konumda değişmez özellikleri yakalamaktadır. Bu sayede en etkin özellikler çıkarılabilmektedir. Modelde, Bi-GRU katmanının çıktuları, CNN'in girişi olarak birleştirilir. BiGRU katmanından sonra, her vektör tüm cümlenin çift yönlü bilgisini içerir. Daha sonra, uygulanan CNN katmanı daha soyut konumla değişmeyen bilgileri yakalamak için daha elverişli bir model olacaktır.

Önerilen modelin doğruluğu hem makine öğrenmesi algoritmaları hem de modeli oluşturan temel derin sinir ağı modelleriyle kıyaslanmıştır. Ayrıca modelde kullanılan Glove kelime gömme yaklaşımının gücünü göstermek amacıyla modeller TF-IDF kelime gömme yaklaşımı kullanılarak test edilmiştir. Sayısal deneylerin sonucu, önerilen modelin, son teknoloji yöntemlerden daha iyi ölçüm performansı elde ettiğini göstermektedir. Çalışmanın deneysel sonuçları aşısıyla ilgili paylaşılan olumsuz içerikli tweetlerin tespitini kolaylaştıracaktır. Bu sayede, hükümet ve sağlık kurumlarının salgınla mücadelenin kilidi olan aşılama çalışmalarını daha verimli uygulayabilecektir.

Çalışmanın geri kalan kısımları aşağıdaki gibidir: Bölüm 2'de koronavirüs ve aşısıyla mücadeleyi ele alan çalışmalardan ve bu alanda yapılan duygu analizi çalışmalarından bahsedilir, Bölüm 3'de önerilen yöntem için toplanan veri seti, bu veri seti üzerinde uygulanan ön işleme adımları ve duygu analizi anlatılır. Bölüm 4'te önerilen yöntem detaylandırılmıştır. Bölüm 5'te gerçek veri seti üzerine uygulanan yöntemimizin deneysel sonuçları analiz edilmiştir. En son, Bölüm 6 da çalışma sonlandırılmıştır.

## İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Duygu analizi bir metin üzerinden iletilen öznel bilgilerin otomatik olarak çıkarılmasıdır (Agarwal ve ark., 2011). Duygu analizi yoluyla, bir metnin olumlu veya olumsuz bir öznel yönelimi olup olmadığı hakkında fikir sahibi olabiliriz. Duygu analizi, üç seviyeye ayrılabilir. Bunlar: (1) belge düzeyi (Pang ve Lee, 2004), (2)cümle düzeyi (Hu ve Liu, 2004) ve (3) ifade düzeyi (Aygün ve ark., 2021). Belge düzeyinde duygu analizinde verilen belgenin genel duygu polariteleri tespit edilir. Buradaki en önemli nokta, belgenin tek bir konuya veya tek bir varlığa odaklandığını varsayar. Cümle düzeyinde duygu analizinde ise, bir cümlenin olumlu, olumsuz veya tarafsız görüş içerip içermediği araştırılır. Bunlara ek olarak, cümlenin öznel ya da nesnel duygu içerdiğini de araştırır. İfade düzeyinde duygu analizinde ise, varlık/nesne tanımlama, öznellik/nitelik çıkarma ve öznitelik polarite olmak üzere üç ana adım kapsamında incelenir. Ortak duygu analizi modelleri, büyük ölçüde duygu sözlüklerine dayanır. Duygu sözlüğü, her kelimenin öznel yöneliminin olumlu ve olumsuzluğuna göre etiketlendiği bir kelime grubudur. Tüm bunlara ek olarak, farklı tipte sözlükler iki şekilde sınıflandırılabilir: anlamsal yönelim etiketleme (sözcüklerin olumlu ya da olumsuz olarak bölündüğü veya daha önceden tanımlanmış kurallara göre nicel bir puanlama yapılması. LIWC (Pennebaker ve ark., 2015), HULIUO (Hu ve Liu, 2004) yaygın olarak kullanılan bağlamdan bağımsız sözcüklerden oluşan sözlüklerdir. ANEW (Bradley ve Lang, 1999), SenticNet (Baccianella ve ark., 2010) ve SentiWordNet (Cambria ve ark., 2012) ise duyarlılık yoğunluğuna dayanan, nicel puanlamanın yapıldığı sözlüklerdir.

Günümüzde sosyal medya, doğru bilgilerin hızla yayılmasına olanak sağladığı gibi yanlış bilgilerinde yayılması için en çok tercih edilen araç haline gelmiştir. Twitter bu bağlamda en çok tercih edilen platformlardan biridir. Araştırmacılar, bireylerin duygu ve düşüncelerini analiz etmek amacıyla Twitter'da duygu analizi uygulamaları yapmaya başlamıştır. Twitter'da tweetlerin analiz edilip duygu

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

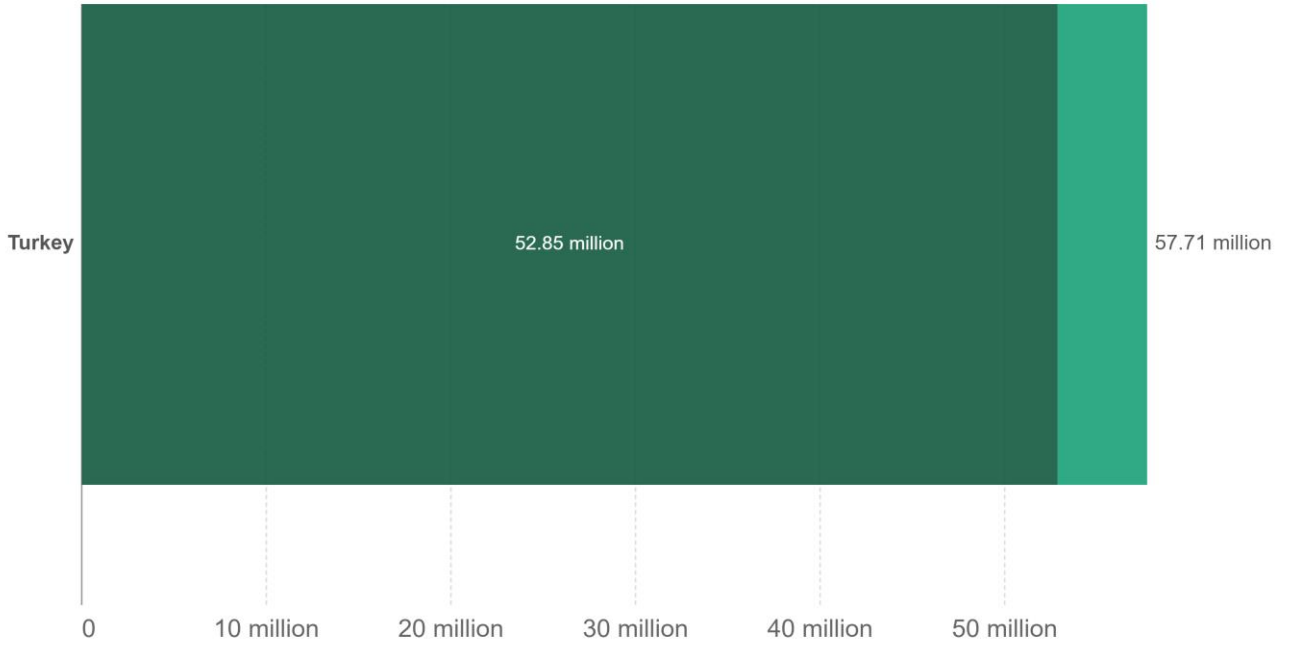
analizlerinin gerçekleştirilmesi toplumda olumsuz duygular uyandıracak tweetlerin tespitinde büyük kolaylık sağlayacaktır. Bugün yaşananlar, duygu analizinin sadece olumlu ve olumsuz duygulardan geçebilen değil, aynı zamanda farklı konu ve diller için davranış ve hislerle de ilgilenebilen bir noktaya ulaştığını göstermektedir. Duygu analizi çalışmalarında birçok farklı teknik kullanılmıştır.

Joshi ve ark. (2016) Twitter film yorumlarını incelemek amacıyla Destek Vektör Makinaları (DVM) ve Naive Bayes ve Maximum Entropi yöntemlerini kullanarak karşılaştırma gerçekleştirmiştir. Parikh ve ark. (2009) twitleri sınıflandırmak için iki Naive Bayes 1-gram modeli, bir Naive Bayes 2-gram modeli ve Maximum Entropy modeli uygulamıştır.

## Number of people vaccinated against COVID-19, Mar 4, 2022

Our World  
in Data

■ People with a complete initial protocol ■ People only partly vaccinated



Source: Official data collated by Our World in Data

Note: Alternative definitions of a full vaccination, e.g. having been infected with SARS-CoV-2 and having 1 dose of a 2-dose protocol, are ignored to maximize comparability between countries.

CC BY

**Şekil 1.** Türkiye’de Aşı Dozlarının Uygulanma İstatistikleri

Go ve ark. (2009) çalışmalarında, 1-gram, 2-gram ve n-gram gibi farklı veri temsili yapılarıyla, Naive Bayes, MAXEnt ve Destek Vektör Makinaları (DVM) makine öğrenmesi sınıflandırıcılarını kullanarak duygu analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmalarında Destek Vektör Makinalarının diğer sınıflandırıcılardan daha iyi sonuçlar verdiğini

bildirmişlerdir. Duncan ve Zhang, (2015), tweetlerdeki duyguları sınıflandırmak için sinir ağı modelini kullandılar. Literatürdeki çalışmalara dayanarak, metin boyutu küçük olan veri setlerinde metni sınıflandırmak için çoğunlukla Naive Bayes ve sinir ağları kullanırken, veri boyutunun arttığı veri setlerinde doğruluğu arttırmak ve büyük veriyle



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

oluşturulan sinir ağının işlenmesi için derin öğrenme mimarisi kullanılmaktadır. Derin öğrenme yaklaşımı aracılığıyla metinde içerisinde ki duygu özellikleri otomatik tanımlamalarla tespit edilir. Bu çalışmada, derin öğrenme mimarisi kullanarak Twitter'dan toplanan büyük veri seti üzerinde duygu analizi tahminleri yapan bir model önerilmiştir.

Sosyal medya platformları ve medya araçları, toplumu bölmeye ve toplumda korku, endişe, stres gibi olumsuz duygular uyandıracak asılsız bilgiler sunmak yerine yapıcı ve olumlu duygular uyandıracak doğruluğu kanıtlanmış tarafsız bilgiler sunmalıdır. Paylaşılan bu tarz bilgilerin analizini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Covid-19 tüm dünya için büyük bir ızdıraptır. Bu olayla ilgili haberle, sosyal medyadaki diğer haberleri baskın olarak geride bırakmıştır. Bu haberler aynı zamanda sahte, doğrulanmamış ve insanların önyargılarına tabi olanları da içermektedir. Bu nedenle Covid-19 haberlerindeki olumsuzlukları belirleme çalışmaları yerinde ve zamanında çalışmalardır. Chakraborty ve ark. (2020) Twitter sosyal medya platformunda koronavirüs salgınıyla ilgili atılan tweetleri derin öğrenme sınıflandırıcılarıyla inceleyen bir duygu analizi çalışması önermiştir. Önerilen çalışmada, olumsuz içerikli paylaşılan tweetlerin bireyler üzerinde korku, dehşet, üzüntü gibi psikolojik etkileri büyük olan duygular oluşturduğunu, bunların tespitinin salgınla mücadele yolunda büyük avantajlar sağlayacağını savunmuşlardır. Barkur ve Vibha (2020), Hindistan'da Covid-19 haberlerine ilişkin topladıkları 2400 tweetten oluşan bir veri setini incelemiştir. Bu çalışmada, R programla dili kullanarak paylaşılan tweetlerin duygu analizini gösteren kelime bulutu çıkartılmıştır. Li ve ark. (2020) ise Covid-19'un insan davranışı üzerindeki psikolojik etkisine odaklanmıştır. Covid-19 haberleri nedeniyle insanların gergin olduğunu ve depresyon düzeylerinin arttığı bildirilmiştir. Süral ve ark. (2019), sürekli duygusal zekâ olarak tanımladığı zekânın sorunlu sosyal medya kullanımı ile ilgili olduğunu ve doğrudan doğruya sosyal medyada popüler bir taraf sunmak ve zaman geçirme

güdüleriyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, sürekli duygusal zekâ puanı düşük olan bireylerin gerçek hayattaki sorunlarıyla başa çıkmak için sosyal medya platformlarını bir başa çıkma stratejisi olarak kullandıklarını savunmuştur. Xue ve ark (2020), 1 Mart 2020'den 21 Nisan 2020'ye kadar 25 farklı etiket kullanarak Covid-19 ile ilgili atılan tweetleri toplamışlardır. Çalışma, 4 milyon tweetten oluşan veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gizli Dirichlet Ayırımı (GDA) algoritması kullanılarak tweetlerdeki popüler konu başlıkları tespit edilmiştir. Feng ve Zhou (2020), Twitter'da paylaşılan tweetlerdeki duyguları incelemek amacıyla tekli ve çoklu etiketlere odaklanan BERT modeli kullanmışlardır. Önerilen modelin kilit noktası, duyguları ifade etmenin etkili bir yolu olan emojileri dikkate almaktır. Hornung ve ark. (2018), duygusal zekâ ve Facebook kullanımı arasında orantılı bir ilişki olduğunu savunan bir çalışma sunmuştur. Önerilen çalışmada farklı yaş gruplarından oluşan bir veri seti toplanmıştır. Bu veri seti üzerinde yapılan duygu analizi çalışmaları sonucu duygusal zekâ ve Facebook kullanımı arasındaki ilişkinin veri setindeki genç grup için olumlu yaşlı grup için olumsuz olduğunu belirtilmiştir. Depoux ve ark. (2020) koronavirüs salgınıyla mücadelede ortaya çıkan sosyal medya paniğiyle ilgili alınması gereken bir takım önlemleri tartışmıştır. Birçok toplumun maruz kaldığı stresli karantina günlerinde artan sosyal medya kullanımıyla birlikte sosyal medyada panik etkisi yaracak paylaşımlarda artmıştır. Bu tarz paylaşımların sağlık bakanlığının ve kurumlarının alacağı önlemlerle engellenip sosyal medyanın akıllıca kullanılması bireylerin ruhsal dengelerini korumalarına yardımcı olacağı vurgulanmıştır. Jelodar ve ark. (2020) sosyal medyada ifade edildiği şekliyle Covid-19 ile ilgili konu modellemesi için NLP kullandılar. Daha sonra çalışmalarında LSTM-RNN (LSTM- Recurrent Neural Networks) modelini kullanarak sınıflandırma yapmışlardır. Pano ve Kashev (2020), Covid-19 salgınının Bitcoin fiyatları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Lu ve Zhanh (2021) duygu analizinde uzun eğitim süresini kısaltmak

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

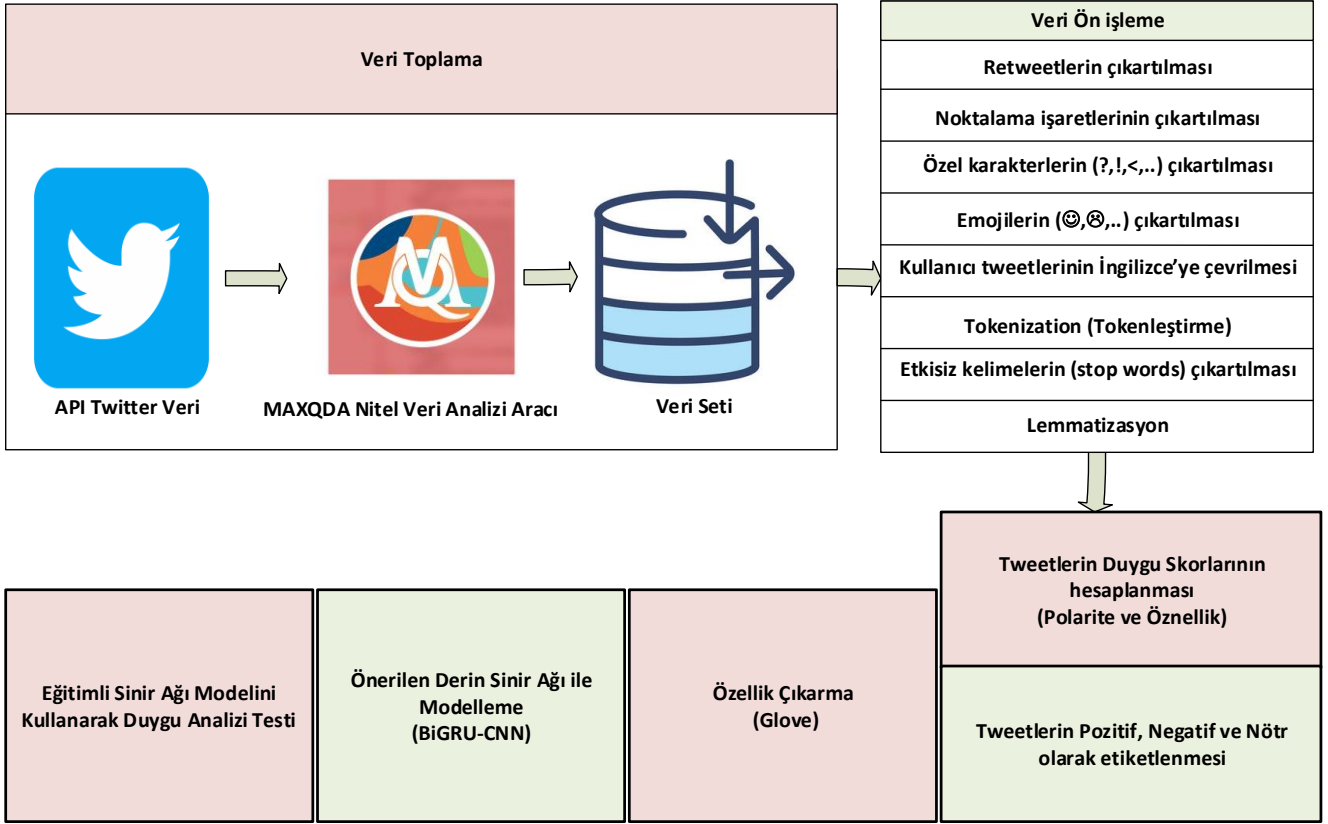
amacıyla AT-BiGRU modeline dayalı dikkat mekanizmalı bir model önermiştir.

Aşılama, salgınla bulaşan hastalıklarla mücadelede şüphesiz en önemli buluşlardan biridir (Alıcılar ve Çöl, 2021). Aşılamayla birlikte toplum bağışıklığı adına yeni bir kavramda ortaya çıkmıştır. Toplumun salgın hastalıklara yakalanıp antikor üretmesiyle doğal bağışıklık sağlanabilir. Fakat bu durum birçok kişinin hastalığa yakalanmasına ve gereksiz ölümlere sebep olabilir. Bunun yerine aşılamayla birlikte toplum bağışıklığının kazanılması daha akılcıdır. Son yirmi yılda, aşı çalışmalarının artmasıyla birlikte, tüm dünyada aşıyla ilgili olumlu tutumların yanı sıra belirgin bir aşı karşıtı hareketi arttı. Aşıyla ilgili bilinen eksik yanlış bilgiler ve duyulan endişe aşılama kapsamının azalmasına ve birçok ülkede kızamık gibi salgın hastalıklar da artışa neden oldu (Kwok ve ark., 2021). Aşıyla ilgili yapılan olumsuz haberler ve aşı karşıtı sosyal medya paylaşımları, aşıya bağlı toplum bağışıklığı

sağlanmasına engel olabilir. Örneğin, aşılardan olumsuz etkileriyle ilgili yapılan yanlış ve eksik bilgiler içeren paylaşımlar, genellikle aşı karşıtı kişiler tarafından hareketlerini körüklemek amacıyla manipüle edilir (Ortiz-Sánchez ve ark. 2020). Covid-19 aşıları geliştirilmeye başlamadan önce bile aşı geliştirmeye karşı komplo teorileri üretilmiştir. Bu nedenle, aşı kabulünü etkileyen faktörlere dayalı olarak aşılarmaya teşvik etmek için Covid-19 aşısı hakkında çevrimiçi sosyal medya platformlarında paylaşılan gönderilerin duygularının araştırılması ve gözden geçirilmesi gerekmektedir.

### ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu çalışma, Glove kelime gömme yaklaşımıyla BiGRU-CNN modelini kullanarak duygu sınıflandırmasını iyileştirmek için yeni bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bölümde önerilen modelin yapısı detaylı olarak tartışılmaktadır. Şekil 2, önerilen yöntemin genel yapısını göstermektedir.



### Veri Toplama

Çalışmada veri kaynağı olarak, 2021 yılının ilk çeyreği itibarıyla günlük 199 milyon aktif kullanıcısıyla (Twitter,2021) dünyanın en büyük sosyal medya platformu olan Twitter seçilmiştir. Veriler Twitter’da herkese açık olarak paylaşılan tweet verilerinden toplanmıştır. Bu veri seti için alana göre herkese açık olarak paylaşılan tweetler’de sadece Türkçe paylaşılan aşı ile ilgili veriler saklanmıştır. Çalışmada, Twitter verilerini toplamak için MAXQDA (MAXQDA,2020) nitel veri analizi aracı kullanılmıştır. Bu platformda 16 Haziran 2021 ve 18 Eylül 2021 tarihleri arasında yayınlanan Covid-19 aşısıyla ilgili tweet’ler, retweet’ler ve bu tweetlere yapılan yorumlar toplanmıştır. Hedef tweetlere ulaşmak için, Twitter’da aşıyla ilgili en çok tweet atılan etiketler belirlendikten sonra “covid19aşı OR biontech OR Sinovac OR covid19vaccine OR coronavac” ve “aşihayatkurtarır OR aşımğdurları

OR aşıl OR aşıyanetkileri” arama terimleri kullanıldı. Son olarak, toplanan veriler daha sonra ön işleme ve duygu sınıflandırma adımlarında kullanılmak üzere csv dosyasına dönüştürüldü. Boolean “AND” ve “OR” operatörleri, “aşı” köküne ait kelimelerin yanı sıra “koronavirüs” veya “COVID” köküne ait kelimeleri içeren tweet’lerin aranabileceğini de göstermiştir. Sonuç olarak, 16 Haziran ve 18 Eylül 2021 tarihleri arasında 176345 Türkçe tweetten oluşan bir veri seti toplanmıştır. Bu veri setinin doğruluğunu sağlamak amacıyla bir sonraki aşamada detayları verilen ön işleme aşaması gerçekleştirildi.

### Veri Temizleme ve Ön-ışleme

Twitter sosyal medya platformundan toplanan veriler genellikle temiz değildir. Metin temizleme, metnin anlamının çıkarılması veya analiz edilmesi zor olan kelimeleri veya diğer bileşenleri temizlemek

için yapılan metin madenciliği işlemlerinden biridir. Analiz aşamasında deneysel sonuçları olumsuz yönde etkileyebilecek gereksiz birçok özel karakter, ifade, link, etiket, emoji vs. içerir. Bu karakterler fazla bilgi vermediği gibi duygu analizi için de işlenmesi zor karakterlerdir. Bu aşamada aşağıda verilen işlemler uygulanarak veri seti üzerinde ön işleme yapılmıştır:

- Tekrarlanan tweetler veri setinden çıkartılır.
- Numaralar kaldırılır.
- Noktalama işaretleri kaldırılır.
- Twitter RT, @ ve cümlelerdeki bağlantılar temizlenir.
- Metin küçük harfe dönüştürülür, böylelikle “aşı” ve “Aşı” gibi kelimeler analiz için aynı kelime olarak kabul edilir.
- Özel karakterler ve duygu ifade etmek için kullanılan yüz ifadeleri (emojiler) kendilerine özel kodları kullanılarak metin içerisinde tespit edildikten sonra kaldırılır.
- Her bir tweet Google Çeviri Python kütüphanesi Googletrans kullanılarak İngilizce metine çevrilir. Googletrans, Google Translate API'sini uygulayan ücretsiz ve sınırsız bir python kütüphanesidir. Bu kütüphane, metni anlama ve çevirme gibi yöntemler için Google Translate Ajax API'sini kullanır.
- Her bir tweet için tokenleştirme işlemi uygulanır. Tokenleştirme, metin içerisindeki kelimelerin boşluklara göre ayrılması işlemidir.
- Daha sonra tweetlerden “bir”, “bu”, “şu”, “filan” vb. gibi etkisiz kelimeler (stopwords) çıkartılır.
- Her bir tweet içerisindeki kelimeler köklerine ayrılır. Lemmatizasyon kelimelerin morfolojik analizlerini kullanır. Örneğin, “doktorum” kelimesi “doktor” olarak güncellenir.

Ön-işleme uygulamanın amacı metnin temel anlamını bozmadan metin içerisinde geçen kelime sayısının azaltılmasıdır. Toplanan ham veri setinde duygu analizi aşamasında kullanılmayacak gereksiz kelime ve ifadeler bulunmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir veri analizi yapmadan önce ön işleme gerçekleştirilmesi gerekir.

### Polarite ve Öznellik

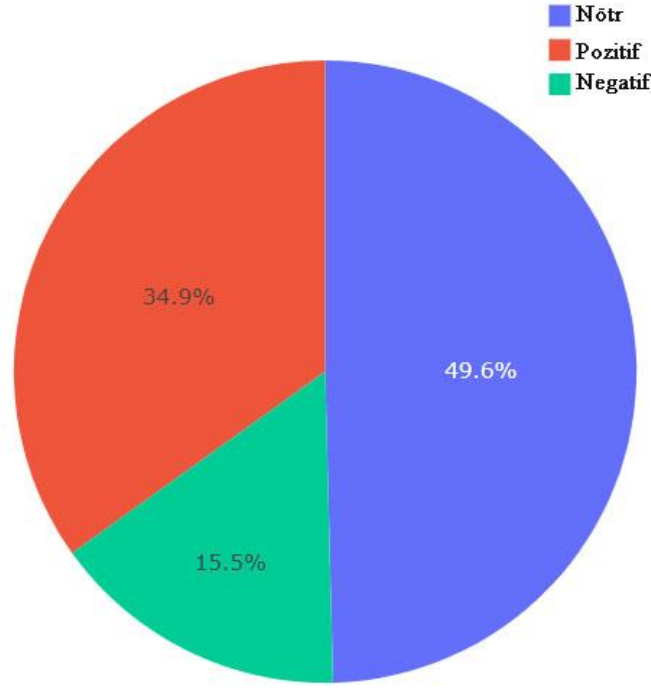
Twitter sosyal medya platformundan toplanan veriler genellikle temiz değildir. Metin temizleme, metnin anlamının çıkarılması veya analiz edilmesi zor olan kelimeleri veya

Tweetlerin temizlenmesinden sonra, NLTK ve TextBlob kütüphaneleri kullanılarak her bir tweet'in polaritesi ve özneliği hesaplanır. TextBlob, konuşma parçası etiketleme, duygu analizi, kelime kökü çıkarma, çeviri, sınıflandırma ve daha pek çok doğal dil işleme (NLP) görevlerinde kullanılan bir Python kütüphanesidir (Loria,2018). TextBlob kütüphanesi “Polarite” ve “Öznellik” olmak üzere iki özellik döndürür.

*Cümle Özneliği:* Nesnel bir cümle dünya hakkında bazı olgusal bilgileri ifade ederken, öznel bir cümle bazı kişisel duygu ve inançları ifade eder. Öznel cümleler genellikle inanışlar, arzular, görüşler, şüpheler, sevinçler, korkular vb. gibi kişisel duyguları yansıtır. Öznellik, [0,1] aralığında değer alan değişken bir parametredir. Öznellik değeri sıfıra ne kadar yakınsa cümle o kadar gerçeklerle alakalıdır. Öznellik değeri arttıkça fikir olmaya yaklaşır.

*Cümle Polaritesi:* Polarite, yazılı veya sözlü dilde olumlu, olumsuz ve tarafsız duygu yönelimlerini ifade eder. Polarite, [-1,1] aralığında bir değer alır. -1, 0 ve 0 polarite puanları sırasıyla negatif, nötr ve pozitif ifadeleri temsil etmektedir.

Şekil 3, pozitif, negatif ve nötr sınıf etiketlerine göre ayrılan tweetlerin sayılarını göstermektedir.



Şekil 3. Türkiye’de Covid-19 Aşılarıyla İlgili Duygu Dağılımı

#### Kelime Temsili Yaklaşımları: TF-IDF ve Glove

Herhangi bir tahmin modelini uygulamak için Twitter metin verilerini sayılara dönüştürmek gerekir. Bu işlem, metin vektörleştirme olarak bilinir. Metin analizi ve Doğal Dil İşleme (NLP) makine öğrenimi sürecinde temel bir adımdır. Literatürde, kelime çantası (Bag-of-Words), Word2Vec, Doc2Vec, TF-IDF vb. çeşitli özellik çıkarma yöntemleri mevcuttur (Madusa,2019). Terim Frekansı- Ters Doküman Frekansı (TF-IDF) metindeki en belirgin kelimelere odaklandığı ve kelime sayısına bağlı olma sınırlamasını aştığı için daha fazla tercih edilmektedir.

TF-IDF, verilen metinde sıkça geçen kelimeleri ve kalan veri setinde sık görülmeyen kelimeleri tanımlar. Bu sayede metinler daha kısa bir belge olarak değerlendirilebilir. TF ve IDF' nin çarpımı, kelimenin bir belgede ne sıklıkta bulunduğu, kelimenin ne kadar benzersiz olduğu ile çarpılarak bir ölçüm sağlar ve bu, TF-IDF ölçüsüdür. Her metinde ortak olan “bu”, “ne” ya da “eğer” gibi sözcükler, bu metin cümleleri için pek bir anlam ifade etmedikleri

için bu sözcükler birçok kez karşımıza çıksa da yoğunluk sıralamasında alt sıralarda yer alır.

TF-IDF, bilgi erişimi ve metin madenciliği için denetimsiz bir terim ağırlıklandırma şemasıdır (Kamyab ve ark., 2021). Bir  $t$  terimin doküman içerisindeki önemini gösteren istatistiksel yöntem ile hesaplanmış ağırlık faktörüdür. TF-IDF, verilerde ki bir kelimenin önemini ölçmek için puanlandırma yapar. Terim frekansı ve ters belge frekansı ölçüklerini kullanarak hesaplanır.

Matematiksel fonksiyonlar Denklem (1), (2) ve (3)'de gösterilmiştir:

TF, kelimenin belgede görünme sayısı olan Terim Sıklığı'nın kısaltmasıdır. Aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$tf_{(t,d)} = \frac{count_{t,d}}{totalcount_d} \quad (1)$$

Denklem 1’de  $count_{t,d}$ :  $t$  teriminin  $d$  dokümanı içerisindeki sayısı,  $count_d$ :  $d$  dokümanı içerisindeki toplam terim sayısıdır.

IDF, farklı belgelerde geçen kelimenin ağırlığını azaltan Ters Döküman Sıklığı'nın kısaltmasıdır (Sohangir ve ark., 2018). **IDF**, kelimelerin ne kadar benzersiz olduğunu ölçer, yani bir kelimenin tüm belge kümesinde ne kadar yaygın veya nadir olduğu anlamına gelir. Aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Idf(t, d) = \frac{N}{Df_t} \quad (2)$$

Denklem 2'de N: veri setindeki toplam doküman sayısı,  $Df_t$ : t terimini içeren doküman sayısıdır. Son olarak, TF-IDF su şekilde tanımlanabilir:

$$TF - IDF_{t,d} = tf_{(t,d)} * \log(Idf(t, d)) \quad (3)$$

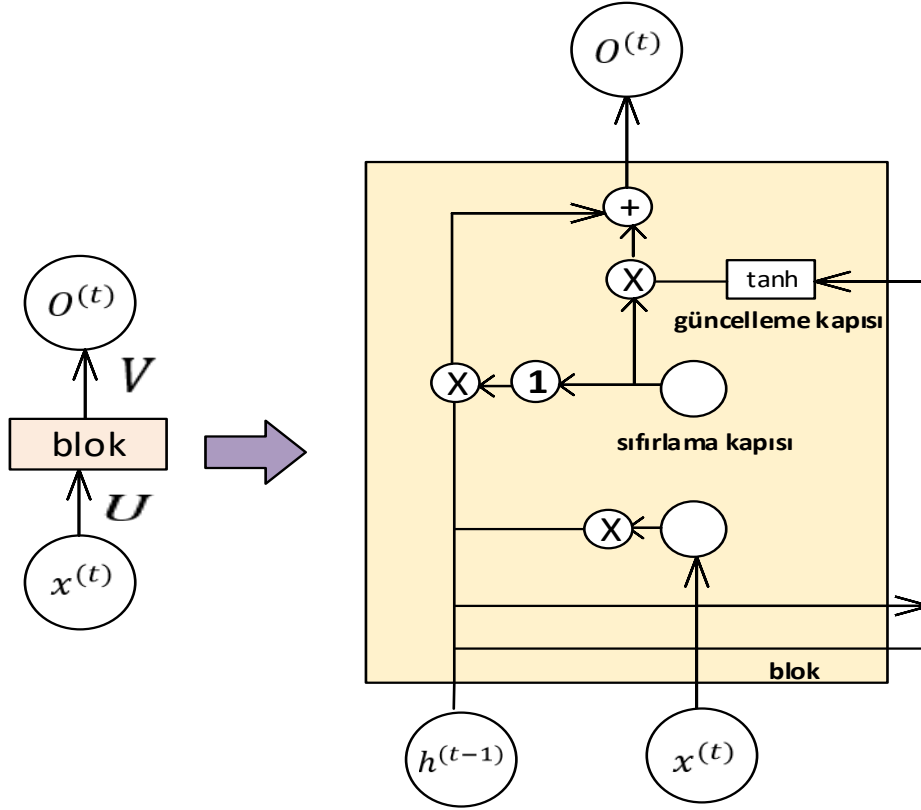
GloVe (Global Vectors for Word Representation), Pennington ve ark. (2014) tarafından kelime vektör temsillerini elde etmek için word2vec yaklaşımına alternatif olarak sunulan word2vec tabanlı sözcük temsildir. Kelime temsillerinin oluşturulmasında birlikte kullanılan kelimelerin istatistiklerinden faydalanır. 200-boyutlu bir kelime vektör matrisi oluşturmak için yaklaşık 2 milyar tweetle oluşturulmuş önceden eğitilmiş Glove modeli kullanıldı (Kamyab ve ark., 2021). Her bir kelime girişi  $T(t_1, t_2, \dots, t_k)$  ile temsil edilerek d-boyutlu kelime vektörüne dönüştürülür. Bu dönüşümden sonra,  $R^d$  her bir kelimenin boyut uzayıdır ve her bir giriş metni  $R^{k \times d}$  boyut uzayıyla ve her bir giriş metni matrisi  $T(t_1, t_2, \dots, t_k) \in R^{k \times d}$  ile temsil edilir. Son olarak,  $f_v$  Glove'dan elde edilmiş kelime vektör matrisi matematiksel olarak aşağıdaki gibi temsil edilir:

$$f_v = \omega_1 \oplus \omega_2 \oplus \omega_3 \dots \oplus \omega_n \quad (4)$$

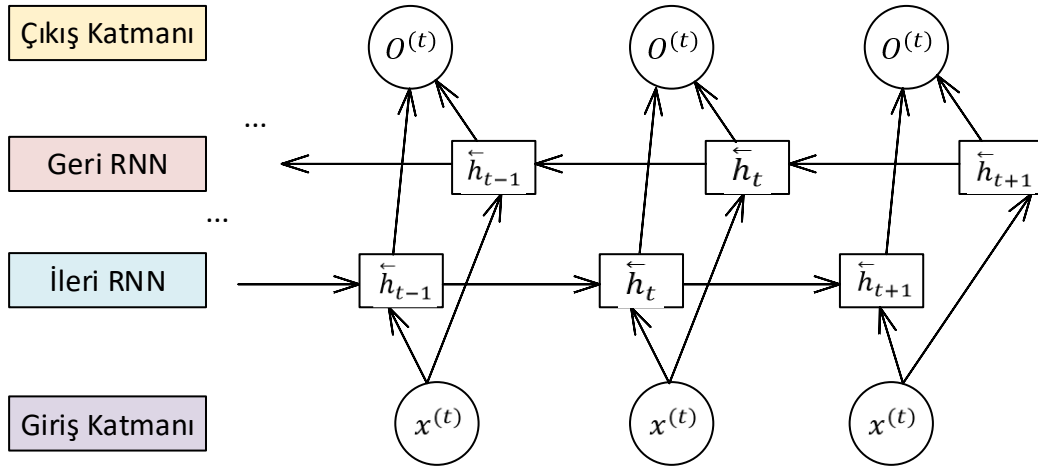
### Geçitli Tekrarlayan Birim (GRU) ve BiGRU

Geçitli tekrarlayan birim (GRU), ayrı bir bellek hücresi olmayan modüle edilmiş LSTM modeli versiyonudur. LSTM'nin doğal dil işleme alanındaki hızlı gelişmesi ve veri setlerinin büyümesiyle birlikte uzun eğitim süresi, parametre fazlalığı ve yüksek hesaplama karmaşıklığı gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu problemlere dayanarak, Cho ve ark. 2014'te basit bir GRU modeli önerdi. Giriş geçidini ve unutma geçidini tek bir güncelleme kapısında birleştirir (Cho ve ark., 2014). Önerilen GRU modeli orijinal LSTM modelinin yapısını koruyup daha basit bir yapı, daha az parametre ve daha iyi bir yakınsama modeli olmuştur. Güncelleme kapısı ve sıfırlama kapısı olmak üzere iki kapıdan oluşur. Güncelleme katmanı, önceki gizli katmanın çıktısının geçerli katmanı ne derece etkilediğini hesaplar. Değer ne kadar büyükse etki o kadar yüksektir. Sıfırlama kapısı ise önceki gizli katman bilgilerinin ne ölçüde yok sayılacağını hesaplar. Sıfırlama kapısı değeri ne kadar küçükse, bilgi o kadar göz ardı edilir.

GRU, bir tür tek yönlü sinir ağı yapısıdır. Tek yönlü sinir ağı modelleri ileri beslemelidir ve çıkış her zaman bir önceki katmandan alınır. Bununla birlikte, duygu analizinde mevcut anın çıktısı önceki ve sonraki anlarla bir ilişki içerisindedir. BiGRU modeli, iki GRU mimarisinin birleştirilmiş versiyonudur. Her durumda, giriş ters yönde iki GRU sağlar ve çıkış iki adet tek yönlü GRU tarafından belirlenir. GRU ve BiGRU modellerinin temel yapısı sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterildiği gibidir Şekil 4 ve 5'ten de görüldüğü gibi BiGRU, bir ileri ve bir geri olmak üzere aynı çıktı katmanına bağlı iki adet GRU sinir ağından oluşur.



Şekil 4. GRU Modelinin Temel Yapısı



Şekil 5. BiGRU Modelinin Temel Yapısı

### Evrişimli Sinir Ağı (CNN)

CNN, son yıllarda oldukça dikkat çeken derin öğrenme mimarisi türüdür. CNN görüntü tanıma, doğal dil işleme ve evrişimli çekirdek ile yerel özellikleri tanıma yeteneğine sahip diğer alanlarda

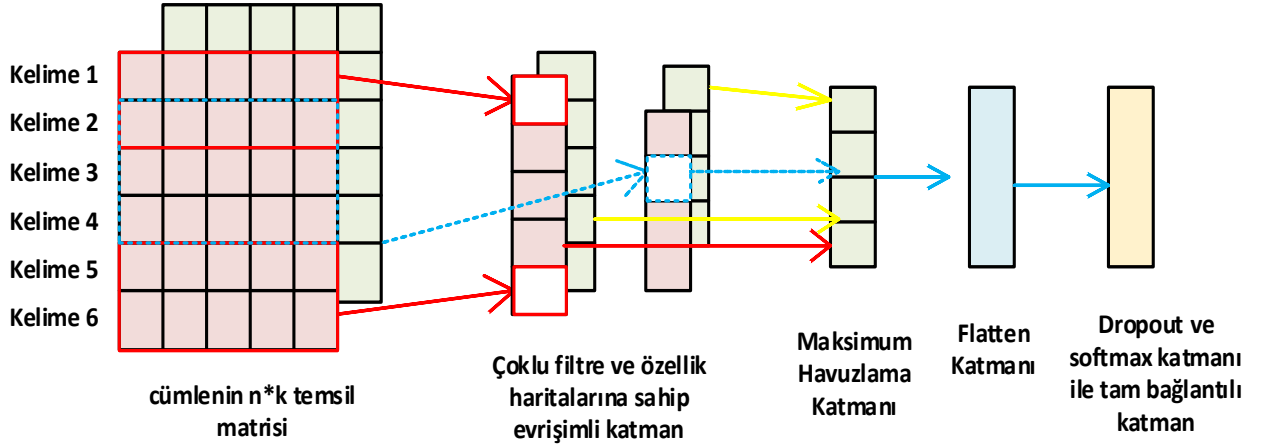
yaygın olarak kullanılmaktadır (Yan ve ark., 2015). Ayrıca, CNN mimarileri sınıflandırma yapacak özellikleri otomatik olarak öğrenme yeteneğine sahiptir. Denetimsiz CNN mimarisi, çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağıdır. CNN, bir giriş katmanı,

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

bir çıkış katmanı, bir veya daha fazla konvolüsyonel katman, alt örnekleme katmanı, havuzlama katmanı ve bir veya daha fazla tamamen bağlı katmandan oluşur. CNN modeli, hesaplama karmaşıklığını azaltmak için havuzlama katmanı kullanır. Flattened katman ise havuzlama katmanının çıktısını besler. Aynı zamanda onu bir sonraki katmana eşler. CNN mimarisinin son katmanı tamamen bağlı katmanlardan oluşur. Şekil 6 metin sınıflandırma

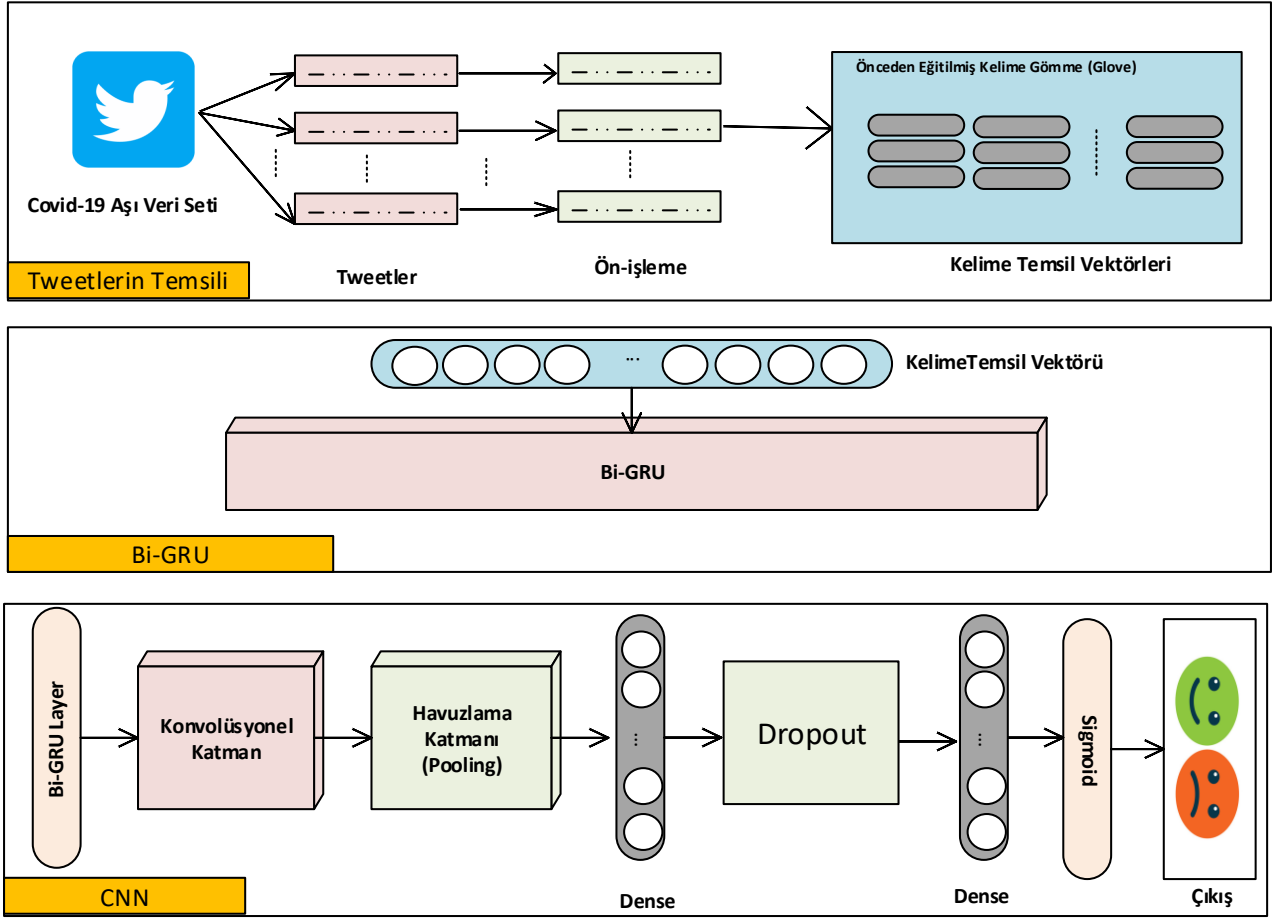
çalışmalarında kullanılan temel CNN mimarisini göstermektedir.

Şekil 6'da görüldüğü gibi  $n$  boyutlu bir  $S$  cümlesi  $x = [w_1, w_2, \dots, w_n]$  matrisiyle temsil edilir.  $w_i$  de ki  $i$ . Eleman  $S$  cümlesinde ki  $i$ . Kelimenin  $k$  boyutlu vektörel temsildir.  $x \in R^{n \times d}$  matrisi konvolüsyonel katmanın girişidir.



Şekil 6. Temel CNN Mimarisi





Şekil 7. Önerilen Modelin Derin Sinir Ağı Modeli (BiGRU-CNN)

### Önerilen BiGRU-CNN Derin Sinir Ağı Modeli

Bu çalışmada, Twitter verilerinin gücünden faydalanarak Türkiye’deki Twitter kullanıcıları arasında Covid-19 aşılılarıyla ilgili atılan tweetlerin ve bu tweetlere yapılan yorumların duygularını araştırmak için derin öğrenme tabanlı yeni bir hibrit model öneriyoruz. Şekil 7, duygu sınıflandırması için önerilen modelin adımlarını göstermektedir. Çalışma, üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, ön-işleme ve kelime temsili adıdır. Bu adımda, bir önceki Şekil 2’de detayları verilen ön-işleme adımları uygulandıktan sonra her bir tweet, son yıllarda Twitter gönderilerinde duygu analizi çalışmalarında oldukça başarılı sonuçlar elde eden Glove kelime gömme yaklaşımı kullanılarak vöktörelere dönüştürülür. Bu adımdan sonra her bir tweet, vektörel kelime temsili yapısındadır. Sonraki adımda,

elde edilen vektörel kelime temsilleri RNN tabanlı BiGRU katmanına, BiGRU katmanının çıktısı da CNN modelinin konvolüsyonel katmanına girdi olarak verilir. BiGRU modeli, tweetleri sırasıyla ileri ve geri yönde okuyup, tweetlerdeki kelimelerin bağlamsal özelliklerini, anlamsal özelliklerini ve gramer özelliklerini çıkarır. CNN modelinden önce uygulanan BiGRU modeli, CNN'nin temel özellikleri daha iyi çıkarmasına yardımcı olacaktır. Tüm bu problemlerin üstesinden gelmek amacıyla, Şekil 7’de detayları verilen BiGRU-CNN modelini tasarladık.

### Değerlendirme Ölçekleri

Derin öğrenme ve makine öğrenmesi modellerinin performansını değerlendirmek için, dört farklı performans ölçeği kullandık. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan değerlendirme ölçütleri arasında yer alan “Doğruluk (Accuracy), Kesinlik

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1087486

(Precision), Hatırlama (Recall) ve F1-skorunu” kullanılmaktadır.

Doğruluk, tahminin doğruluğu olarak kullanılır ve şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{\text{Doğru tahminlerin sayısı}}{\text{Toplam tahmin sayısı}} \quad (5)$$

İkili sınıflandırma içinse doğruluk, pozitif ve negatif olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{DP+DN}{DP + YN+YP+DN} \quad (6)$$

Denklem 6’ da  $DP$ ,  $DN$ ,  $YP$  ve  $YN$ , gerçek pozitif, gerçek negatif, yanlış pozitif ve yanlış negatif temsil eder ve aşağıdaki gibi tanımlanır (Ashraf ve ark., 2018).

$DP$  (Doğru Pozitif): Sınıflandırıcı tarafından pozitif olarak sınıflandırılan ve gerçek test veri setinde de pozitif olan tahminlerin sayısıdır.

$DN$  (Doğru Negatif): Sınıflandırıcı tarafından negatif olarak sınıflandırılan ve gerçek test veri setinde de negatif olan tahminlerin sayısıdır.

$YP$  (Yanlış Pozitif): Sınıflandırıcı tarafından pozitif olarak sınıflandırılan ve gerçek test veri setinde ise negatif olan tahminlerin sayısıdır.

$YN$  (Yanlış Negatif): Sınıflandırıcı tarafından negatif olarak sınıflandırılan ve gerçek test veri setinde ise pozitif olan tahminlerin sayısıdır.

**Kesinlik (Precision):** Bir sınıflandırıcının kesinliği olarak adlandırılır ve tüm kümelerin yüzde kaçının pozitif olarak etiketlendiğini ve bunların gerçekten pozitif olduğunu gösterir. Aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Kesinlik (Precision)} = \frac{DP}{DP + YP} \quad (7)$$

**Hatırlama (Recall):** genellikle tamlık ölçüsü olarak adlandırılır ve doğru olarak etiketlenen gerçek pozitif tahminlerin yüzdesini gösterir. Aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Hatırlama (Recall)} = \frac{DP}{DP + YN} \quad (8)$$

Dengeli bir veri seti olmadığından doğruluk değerlendirme ölçütü iyi bir ölçüt olmayabilir. Bu gibi durumlarda F1-skoru kullanılır (Demir, 2021). Çünkü F1-skoru sonuçları her bir hedef sınıfa göre sağlar. Sınıflandırıcının hem kesinliğini hem de hatırlama ölçütlerini dikkate alan istatistiksel bir sınıflandırma analizi ölçütüdür. Aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$F1 - \text{skor} = 2 \frac{\text{Kesinlik} \times \text{Hatırlama}}{\text{Kesinlik} + \text{Hatırlama}} \quad (9)$$

## DENEYLER

Bu çalışmada, BiGRU-CNN ağ modelinin başarısı, modeli oluşturan (GRU, BiGRU, CNN) derin öğrenme mimarileri ve üç farklı makine öğrenmesi algoritması ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan makine öğrenmesi sınıflandırıcıları: Destek Vektör Sınıflandırıcısı (SVC- Support Vector Classifier) (Corinna Vladimir, 1995), Rassel Orman (RF-Random Forest) (Pal, 2005) ve Lojistik Regresyon (LR- Logistic Regression) (Hilbe, 2009). Ayrıca, önerilen modelde kullanılan kelime gömme vektörünün performansını karşılaştırılan derin öğrenme modellerini TF-IDF ve Glove kelime temsili yaklaşımlarıyla test ettik. Deneyler Google Collaborate platformunda Python programlama dili kullanılarak test edilmiştir. Deneylerde pandas, keras, numpy ve sklearn python programlama kütüphaneleri kullanılmıştır. Tüm deneyler Intel Core i7 Windows 10 işletim sistemli 16 GB RAM bilgisayarda test edilmiştir.

## DeneySEL Sonuçlar

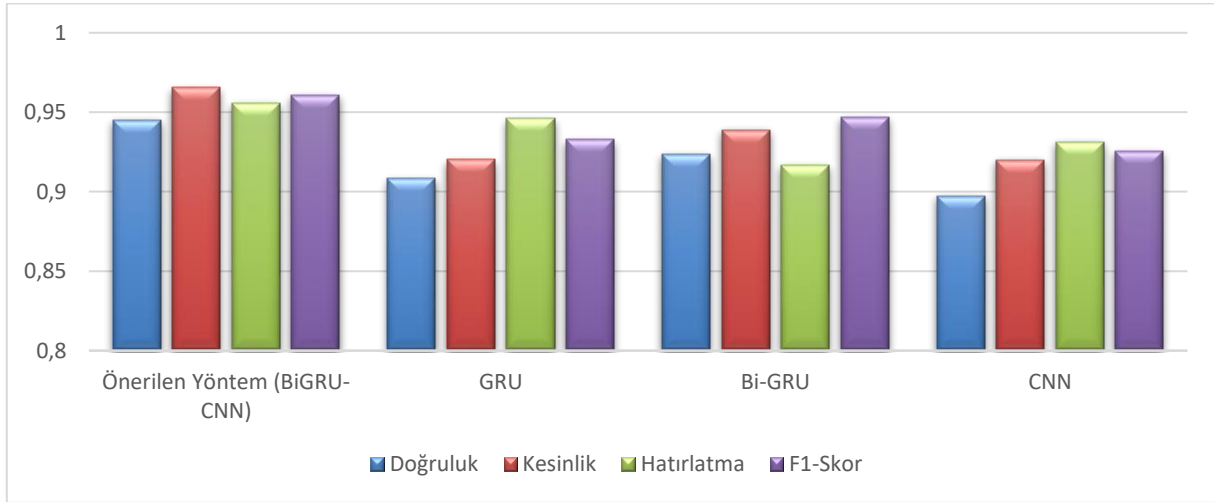
Bu bölümde, MAXQDA nitel veri analizi aracılığıyla Twitter’den Covid-19 aşı uygulamaları hakkında paylaşılan tweetleri toplayarak oluşturduğumuz veri kümesi üzerinde makine ve derin öğrenme sınıflandırıcıları ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Şekil 8, önerilen modelin kendini oluşturan derin sinir ağı modelleriyle karşılaştırılmasını göstermektedir. Şekil 8’ de görüldüğü gibi, önerilen

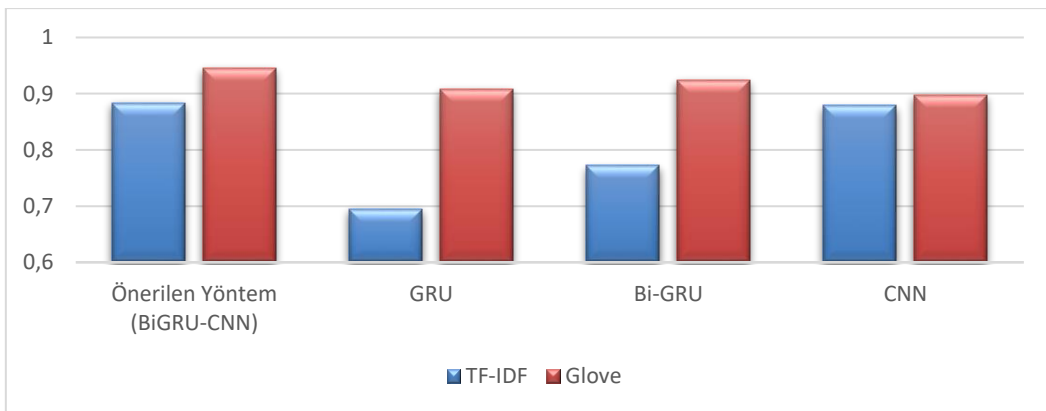
Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

model diğer tüm modellere kıyasla en büyük başarı oranına sahiptir. CNN, yerel konumda değişmeyen özellikleri yakalamada iyidir, ancak bir cümlede kelime sırası bilgisini yakalamada başarısız olur. Bu, bir cümlenin anlamsal temsilini önemli ölçüde düşürür. Bu nedenle, CNN modelinin deneysel sonuçları her iki kelime gömme yaklaşımı için de diğer modellere kıyasla daha düşük performansa sahiptir. GRU ve BiGRU modellerinin deneysel sonuçları incelendiğinde BiGRU modelinin daha yüksek performansa sahip olduğu görülür. Bunun en önemli nedeninin, BiGRU modelinin tweetleri sırasıyla ileri ve geri yönde okuması sayesinde

tweetlerdeki kelimelerin daha etkili bağlamsal özelliklerini, anlamsal özelliklerini ve gramer özelliklerini çıkarmasından kaynaklı olduğu öngörülür. Şekil 9, Glove ve TF-IDF kelime gömme vektörlerinin doğruluk değerlendirme ölçütüne göre karşılaştırılmasını göstermektedir. Karşılaştırılan tüm derin öğrenme modelleri için Glove kelime gömme yaklaşımının TF-IDF kelime yaklaşımına dayalı eğitilen varyasyonlarından daha yüksek performansta olduğu açıkça görülmektedir. Tüm bu sebeplerden kaynaklı önerilen modelimizde kelime gömme yaklaşımı olarak Glove tercih edilmiştir.



Şekil 8. Önerilen Modelin Kendini Oluşturan Derin Sinir Ağı Modelleriyle Performans Karşılaştırılması

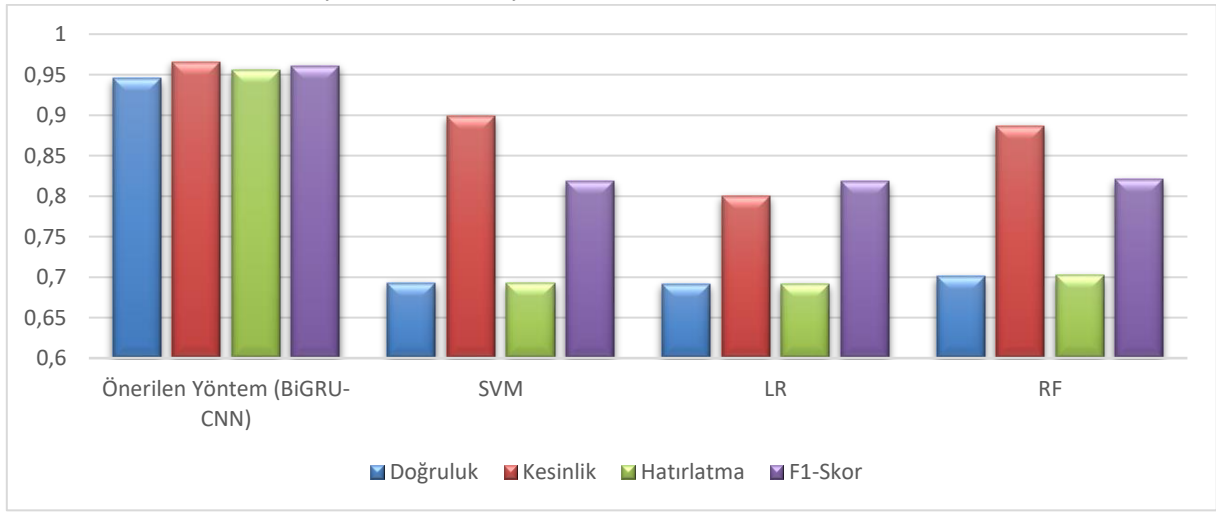


Şekil 9. Farklı Kelime Gömme Vektörlerine göre Önerilen Modelin Kendini Oluşturan Derin Sinir Ağı Modelleriyle Doğruluk Performansı Karşılaştırılması

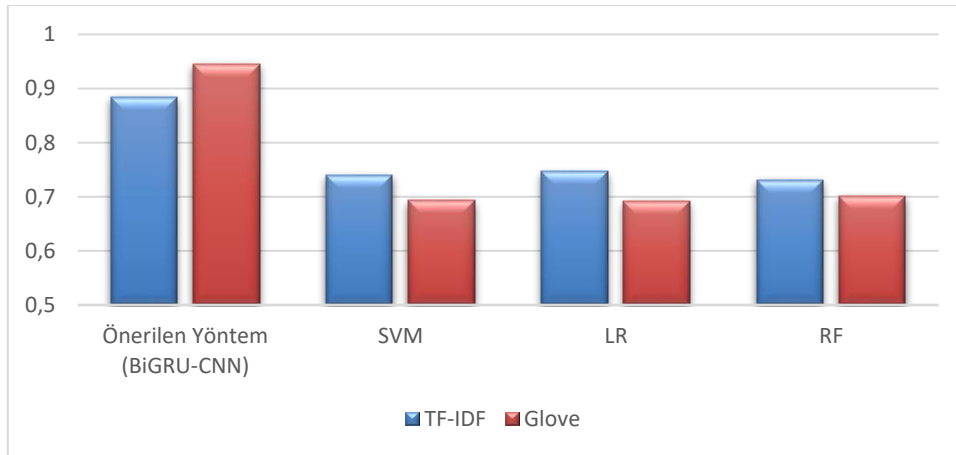
Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

Şekil 10, önerilen modelin temel makine öğrenmesi algoritmalarıyla performans karşılaştırmasını göstermektedir. Şekil 10'dan da görüldüğü gibi derin öğrenme tabanlı algoritmalarla karşılaştırıldığında makine öğrenmesi algoritmalarının ciddi bir performans zayıflığı vardır. Bunun en önemli nedeni, makine öğrenmesi yöntemlerinde öğrenme işlemi küçük adımlara bölünüp, her adımın sonuçları tek bir çıktıda birleştirilirken derin öğrenme yöntemlerinde öğrenme işlemi uçtan uca ilerleyerek işlenir. Ayrıca

makine öğrenmesi yöntemleri, sonuç yanlış olduğu zaman öğretilmeye gereksinim duyarken derin öğrenme yöntemleri sinir ağlarının çok seviyeli katmanları sayesinde veriyi farklı kavramlardan oluşan hiyerarşiye yerleştirip, kendi hatalarından öğrenme sağlar. Şekil 11, önerilen modelin ve karşılaştırma yapılan temel makine öğrenmesi algoritmalarının Glove ve TF-IDF kelime gömme vektörlerinin doğruluk değerlendirme ölçütüne göre karşılaştırılmasını göstermektedir.



Şekil 10. Önerilen Modelin Makine Öğrenmesi Modelleriyle Karşılaştırılması



Şekil 11. Farklı Kelime Gömme Vektörlerine göre Önerilen Modelin Makine Öğrenmesi Modelleriyle Doğruluk Performansı Karşılaştırılması

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1087486

## TARTIŞMA

Çalışmamızda, geleneksel makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmalarından farklı olarak hibrit bir derin öğrenme (BiGRU-CNN) modeli öneriyoruz. Bu model, yerel konumda değişmeyen kelime özelliklerinin yanında sıralı bilgileri ve uzun mesafe bağımlılıklarını da yakalayabilir. CNN modelinden önce uygulanan BiGRU modeli, CNN'nin daha etkili özellikler çıkarmasını sağlamaktadır. Kapsamlı deneyler, önerilen modelin daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamaktadır. Bu başarı, BiGRU modelinin tweetleri sırasıyla ileri ve geri yönde okuması sayesinde tweetlerdeki kelimelerin daha etkili bağlamsal özelliklerini, anlamsal özelliklerini ve gramer özelliklerini çıkarabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma, 16 Haziran 2021 ve 18 Eylül 2021 arasında Twitter'dan toplanan COVID-19 aşılılarıyla ilgili Türkçe tweet'lerin kapsamlı bir analizini yaptı. Bu çalışma için toplam 176345 Covid-19 aşılılarıyla ilgili paylaşılan tweet kullanıldı. Duygu analizi sonuçları, genel duygu polaritesinin pozitif olduğunu ve pozitif tweetlerin sayısının, negatif tweetlerin sayısının yaklaşık iki katı olduğunu gösterdi. Bu çalışmanın deneysel sonuçları, aşılama ile ilgili paylaşılan uygunsuz, eksik ve hatalı bilgilerin tespiti kolaylaştırıcaktır. Bu sayede, aşı kararsızlığı yaşayan bireylerinin aşı karşıtlığına eğilim göstermesinin önüne geçilebilecektir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, toplumun uygulanan aşılarla bakış açısını genişletecek ve aşıyla ilgili paylaşılan olumsuz içerikli tweetlerin tespitini kolaylaştırıcaktır. Bu sayede, hükümet ve sağlık kurumlarının salgınla mücadelenin kilidi olan aşılama çalışmalarını daha verimli uygulayabilecektir. Covid-19'la mücadelenin kilidi olan aşı sayesinde, pandeminin bir an önce kontrol altına alınacağını ve normal hayata dönebileceğini umuyoruz. Gelecekte, mevcut çalışmaya dayalı olarak sahte hesapları ve yanlış bilgileri tespit edip sosyal medyaya müdahale etmek için derin öğrenme tabanlı optimal bir sistem geliştirilmesi planlanmaktadır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Agarwal, A., Xie, B., Vovsha, I., Rambow, O. ve Passonneau, R. J. (2011, June). Sentiment analysis of twitter data. In Proceedings of the workshop on language in social media (LSM 2011) (pp. 30-38).
- Alicılar, H. E. ve Meltem, Ç. Ö. L. (2021). Yeni Koronavirüs Hastalığına Karşı Aşılama Tutumu. Yeni Koronavirüs Pandemisi Sürecinde Türkiye'de Covid-19 Aşılması Ve Bağışıklama Hizmetlerinin Durumu, 61.
- Ashraf, I., Hur, S. ve Park, Y. (2018). BLocate: A building identification scheme in GPS denied environments using smartphone sensors. *Sensors*, 18(11), 3862.
- Aygün, İ., Kaya, B. ve Kaya, M. (2021). Aspect Based Twitter Sentiment Analysis on Vaccination and Vaccine Types in COVID-19 Pandemic with Deep Learning. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*.
- Baccianella, S., Esuli, A. ve Sebastiani, F. (2010, May). Sentiwordnet 3.0: An enhanced lexical resource for sentiment analysis and opinion mining. In Proceedings of the Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'10).
- Badgujar, K. C., Badgujar, V. C. ve Badgujar, S. B. (2020). Vaccine development against coronavirus (2003 to present): An overview, recent advances, current scenario, opportunities and challenges. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*.
- Barkur, G. ve Vibha, G. B. K. (2020). Sentiment analysis of nationwide lockdown due to COVID 19 outbreak: Evidence from India. *Asian journal of psychiatry*, 51, 102089.
- Bradley, M. M. ve Lang, P. J. (1999). Affective norms for English words (ANEW): Instruction manual and affective ratings (Vol. 30, No. 1, pp. 25-36). Technical report C-1, the center for research in psychophysiology, University of Florida.
- Cabanillas, B. ve Novak, N. (2021). Allergy to COVID-19 vaccines: a current update. *Allergology International*, 70(3), 313-318.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1087486

- Cambria, E., Havasi, C. ve Hussain, A. (2012, May). Senticnet 2: A semantic and affective resource for opinion mining and sentiment analysis. In Twenty-Fifth international FLAIRS conference.
- Chakraborty, K., Bhatia, S., Bhattacharyya, S., Platos, J., Bag, R. ve Hassanien, A. E. (2020). Sentiment Analysis of COVID-19 tweets by Deep Learning Classifiers—A study to show how popularity is affecting accuracy in social media. *Applied Soft Computing*.
- Cho, K., Van Merriënboer, B., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H. ve Bengio, Y. (2014). Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation. arXiv preprint arXiv:1406.1078.
- Cortes Corinna, Vapnik Vladimir. Support-vector networks. *Machine learning*. 1995; 20(3):273–297.
- Depoux, A., Martin, S. ve Karafillakis, E. (2020). Raman Preet, Annelies Wilder-Smith, and Heidi Larson. The pandemic of social media panic travels faster than the covid-19 outbreak.
- Demir, F. (2021). L1-Norm DVM ve Ki-Kare Tabanlı Öznitelik Seçme Algoritmaları ile Parkinson Hastalığının Konuşma Sinyalleri Üzerinden Saptanması. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 32-40.
- Duncan, B. ve Zhang, Y. (2015, July). Neural networks for sentiment analysis on Twitter. In 2015 IEEE 14th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI\* CC) (pp. 275-278). IEEE.
- Feng, Y. ve Zhou, W. (2020). Is working from home the new norm? an observational study based on a large geo-tagged covid-19 twitter dataset. arXiv preprint arXiv:2006.08581.
- Go, A., Bhayani, R. ve Huang, L. (2009). Twitter sentiment classification using distant supervision. CS224N project report, Stanford, 1(12), 2009.
- Han, J., Pei, J. ve Kamber, M. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier.
- Hilbe, J. M. (2009). *Logistic regression models*. Chapman and hall/CRC.
- Hornung, O., Dittes, S. ve Smolnik, S. (2018). When emotions go social—understanding the role of emotional intelligence in social network use. <https://covid19.saglik.gov.tr/> (accessed 12 march, 2022).
- Hu, M. ve Liu, B. (2004, August). Mining and summarizing customer reviews. In Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 168-177).
- Hu, M. ve Liu, B. (2004, August). Mining and summarizing customer reviews. In Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 168-177).
- Investor fact sheet. Twitter. 2021. [29-04-2021] [https://s22.q4cdn.com/826641620/files/doc\\_financials/2021/q1/Q1'21-Shareholder-Letter.pdf](https://s22.q4cdn.com/826641620/files/doc_financials/2021/q1/Q1'21-Shareholder-Letter.pdf).
- Jelodar, H., Wang, Y., Orji, R. ve Huang, S. (2020). Deep sentiment classification and topic discovery on novel coronavirus or COVID-19 online discussions: NLP using LSTM recurrent neural network approach. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*.
- Joshi, R. ve Tekchandani, R. (2016, August). Comparative analysis of Twitter data using supervised classifiers. In 2016 International conference on inventive computation technologies (ICICT) (Vol. 3, pp. 1-6). IEEE.
- Kamyab, M., Liu, G. ve Adjeisah, M. (2021). Attention-Based CNN and Bi-LSTM Model Based on TF-IDF and GloVe Word Embedding for Sentiment Analysis. *Applied Sciences*, 11(23), 11255.
- Kwok, S. W. H., Vadde, S. K. ve Wang, G. (2021). Twitter Speaks: An Analysis of Australian Twitter Users' Topics and Sentiments About COVID-19 Vaccination Using Machine Learning. *Journal of Medical Internet Research*.
- Li S, Wang Y, Xue J, Zhao N ve Zhu, T. The impact of COVID-19 epidemic declaration on psychological.
- Loria, S. (2018). textblob Documentation. Release 0.15, 2, 269.
- Lu, X. ve Zhang, H. (2021). Sentiment analysis method of network text based on improved at-bigru model. *Scientific Programming*, 2021.
- Madasu, A. (2019). A Study of Feature Extraction techniques for Sentiment Analysis. arXiv preprint arXiv:1906.01573.
- Ortiz-Sánchez, E., Velando-Soriano, A., Pradas-Hernández, L., Vargas-Román, K., Gómez-Urquiza, J. L., Cañadas-De la Fuente, G. A. ve Albendín-García, L. (2020). Analysis of the anti-vaccine movement in social networks: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(15), 5394.
- Pang, B. ve Lee, L. (2004). A sentimental education: Sentiment analysis using subjectivity summarization based on minimum cuts. arXiv preprint cs/0409058.
- Pano, T. ve Kashef, R. (2020). A complete VADER-based sentiment analysis of bitcoin (BTC) tweets during the era of COVID-19. *Big Data and Cognitive Computing*, 4(4), 33.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1087486

- Parikh, R. ve Movassate, M. (2009). Sentiment analysis of user-generated twitter updates using various classification techniques. CS224N Final Report, 118.
- Pennebaker, J. W., Boyd, R. L., Jordan, K. ve Blackburn, K. (2015). The development and psychometric properties of LIWC2015.
- Pennington, J., Socher, R. ve Manning, C. D. (2014, October). Glove: Global vectors for word representation. In Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP) (pp. 1532-1543).
- Rehman, M., Tauseef, I., Aalia, B., Shah, S. H., Junaid, M. ve Haleem, K. S. (2020). Therapeutic and vaccine strategies against SARS-CoV-2: past, present and future. *Future Virology*, 15(7), 471-482.
- Sohangir, S., Petty, N. ve Wang, D. (2018, January). Financial sentiment lexicon analysis. In 2018 IEEE 12th international conference on semantic computing (ICSC) (pp. 286-289). IEEE.
- Süral, I., Griffiths, M. D., Kircaburun, K. ve Emirtekin, E. (2019). Trait emotional intelligence and problematic social media use among adults: The mediating role of social media use motives. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 17(2), 3.
- Şengür, D. (2019). KOVİD-19 Salgını Sırasında Öğrencilerin Öğrenme Alışkanlıklarının Schur Ayrıştırma Tabanlı Dalgacık Aşırı Öğrenme Makineleri ile Tahmini. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 13-18.
- Trapani, D. ve Curigliano, G. (2021). COVID-19 vaccines in patients with cancer. *The Lancet Oncology*, 22(6), 738-739.
- We used MAXQDA 2020 (VERBI Software, 2019) for data analysis.
- World Health Organization. Mental Health and Psychosocial Considerations during the COVID-19 Outbreak. Available online: 1 November 2020.
- Worldometer. Available online: [https://www.worldometers.info/coronavirus/?utm\\_campaign=homeAdvegas1?](https://www.worldometers.info/coronavirus/?utm_campaign=homeAdvegas1?) (accessed on 14 March 2022).
- Xue, J., Chen, J., Hu, R., Chen, C., Zheng, C., Su, Y. ve Zhu, T. (2020). Twitter discussions and emotions about the COVID-19 pandemic: Machine learning approach. *Journal of medical Internet research*, 22(11), e20550.
- Yan, L. C., Yoshua, B. ve Geoffrey, H. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.

## Investigation of PAN:Hemp Stems Nanofibers Produced by Electrospinning Method

Ülker Yalçın Erbastı<sup>1</sup>, İlhan Candan<sup>1\*</sup>, Yasemin Gündoğdu<sup>2,3</sup>,  
Hadice Budak Gümgüm<sup>1</sup>, Hamdi Şükür Kılıç<sup>3,4,5</sup>






<sup>1</sup>Dicle University, Faculty of Science, Department of Physics, Diyarbakir, Türkiye

<sup>2</sup>Selcuk University, Kadınhanı Faik İçil Vocational High School, Department of Computer Technologies, Konya, Türkiye

<sup>3</sup>Selcuk University, Faculty of Science, Department of Physics, Konya, Türkiye

<sup>4</sup>Selcuk University, <sup>5</sup>Directorate of High Technology Research and Application Center, Konya, Türkiye

<sup>5</sup>Selcuk University, Directorate of Laser Induced Proton Therapy Application and Research Center, Konya, Türkiye

ulker.yalcinerbasti@gmail.com , \* ilhan.candan@dicle.edu.tr , yasemingundogdu@selcuk.edu.tr ,  
hbudakg@gmail.com , hamdisukurkilig@selcuk.edu.tr 

Received date:24.03.2022, Accepted date: 27.05.2022

### Abstract

In this study, the hemp stem (cannabis) nanofibers have been produced employing the electrospinning method by changing parameters including voltage, and deposition time. The nanosized particles of hemp stems have been mechanically produced by ball milling technique. The powder hemp stem obtained by ball-milling have been prepared in polyacrylonitrile (PAN) polymer with N, N-dimethylformamide (DMF) solution. The optical, morphological and chemical bonding properties of the obtained hemp nanofibers have been analysed employing Ultraviolet-Visible-Near infrared (UV-Vis-NIR) spectroscopy, Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy, respectively. The diameters of hemp stems nanofibers with PAN polymer have been obtained ranging from 30 to few hundreds of nanometre. Absorbance spectrum of PAN: Hemp stems have been plotted covering from UV to infrared region. Energy band gap value has been calculated as 3.5 eV using Tauc-plotting equations. PAN: Hemp stems has absorbed more photons in UV and visible regions than infrared region. In order to determine the thermal endurance of the produced hemp nanofibers, Thermogravimetric Analysis (TGA) has been carried out for temperatures up to 800 °C. TGA measurements has inferred that both PAN and Hemp stem nanofibers continue losing weight gradually after first sharp decrease at around 300 °C and almost completely disintegrate at 800 °C.

**Keywords:** Cannabis sativa, electrospinning, hemp stem, nanofiber

## Elektro Eğirme Yöntemiyle Üretilen PAN:Kenevir Saplı Nanoliflerin İncelenmesi

### Öz

Bu çalışmada, voltaj, substrat-igne uzaklığı ve biriktirme süresi gibi parametreler değiştirilerek elektro-eğirme yöntemi kullanılarak kenevir sapı (kenevir) nanolifleri üretilmiştir. Kenevir saplarının nano boyutlu parçacıkları, bilyalı öğütme tekniği ile mekanik olarak üretilmiştir. Bilyalı öğütme ile elde edilen toz kenevir sapı poliakrilonitril (PAN) polimerinde N,N-dimetilformamid (DMF) çözeltisi ile hazırlanmıştır. Elde edilen kenevir nanoliflerinin optik, morfolojik ve kimyasal bağlanma özellikleri sırasıyla Ultraviyole-Görünür-Yakın kızılötesi (UV-Vis-NIR) spektroskopisi, Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Fourier Dönüşümü Kızılötesi (FTIR) spektroskopisi kullanılarak analiz edilmiştir. PAN polimerli kenevir sapı nanoliflerin çapları 30 ila birkaç yüz nanometre arasında değişmektedir. PAN'ın absorpsiyon spektrumu: Kenevir sapları UV'den kızılötesi bölgeye kadar çizildi. Enerji bant aralığı değeri, Tauc-plotting denklemleri kullanılarak 3.5 eV olarak hesaplanmıştır. PAN: Kenevir sapları, UV ve görünür bölgelerde kızılötesi bölgeye göre daha fazla foton emmiştir. Üretilen kenevir nanoliflerinin termal dayanıklılığını belirlemek için 800 °C'ye kadar olan sıcaklıklar için Termogravimetrik Analiz (TGA) yapılmıştır. TGA ölçümleri, hem PAN hem de Kenevir sapı nanoliflerinin 300 °C civarındaki ilk keskin düşüşten sonra kademeli olarak ağırlık kaybetmeye devam ettiğini ve 800 °C'de neredeyse tamamen parçalandığını ortaya çıkardı.



**Anahtar Kelimeler:** Cannabis sativa, elektrospinning , kenevir sapı, nanolif

## INTRODUCTION

Electrospinning method is known as high efficiency technique to fabricate polymer nanomicrofibers. Producing fibers in nano-micro diameters required in this technique, synthetic polymers including polyurethane, poly (methyl methacrylate), polyvinyl alcohol, ethylene oxide (Goroškaitė, 2020) and natural polymers such as hydroxyapatite, chitosan, poly gelatin, polyhydroxybutyrate and etc polymers in recent years as solvent solution (Cassano et al., 2013; Fahimirad et al., 2021; Kalantari, Afifi, Jahangirian and Webster, 2019; Sutka, Gravitis, Kukle, Sutka, and Timusk, 2015). Hemp stem based materials have larger specific application areas from sound absorption (Liao, Zhang and Tang, 2020) to drug delivery applications (Andriotis et al., 2021).

Electrospun nanofiber mat is a good candidate for wound dressing due to its well-connected porous structure and very specific surface area to inhibit external microorganism invasions and expel fluid. Since drug loading by electrospinning is very easy, electrospun nanofibers have demonstrated many advantages as potential drug carriers (Fang, Wang and Lin, 2011). Electrospun nanofibrous membranes are lightweight, large surface area, high porosity (breathable nature), high filtration efficiency, etc., which are also desirable properties in protective clothing and are considered as potential apparel applications. It has been observed that electrospun nanofibers laid in a layer with high porosity but small pore size provide resistance against chemical harmful agents in spray form (Gibson, Schreuder-Gibson and Rivin, 1999).

In addition, electrospun fibers are possible to make some three-dimensional structures as they have a sizable static charge during their deposition. This allows them to become an excellent candidate for use in filtration (Lv et al., 2018), membrane applications (Gao et al., 2020), scaffolds for tissue engineering (Lin, Chen, Qu, Li and Man, 2020), drug delivery and release systems (Kamsani, Haris, Pandey, Taher, and Rullah, 2021), wound healing applications (Liu, Zhou, Gao and Zhai, 2019) etc. Polyvinylpyrrolidone (PVP) (also known as povidone) is a water and other polar solvent soluble, biodegradable and biocompatible polymer. PVP has been used as a binder in many pharmaceutical tablets,

that is why it is usually mixed with other polymers to possess better mechanical stability (Kariduraganavar, Kittur, and Kamble, 2014). Another most used polymer in electrospinning method is poly(vinyl alcohol) (PVA) which has many application areas including filtration of undesirable chemicals, biomedical applications, membranes, drug delivery & release, optics and protective clothing (Kamoun, Loutfy, Hussein and Kenawy, 2021; Khanzada et al., 2020; Mohtaram et al., 2020; Yang, Qin and Wang, 2008). Cannabis sativa L. possess some biological activity because of its chemical structure. The main nonpsychotropic phytocannabinoid that are present in Cannabis sativa L. plant which are Cannabigerol (CBG) and Cannabidiol (CBD) (Andriotis et al., 2021; Deiana, 2017). Novel studies show that CBG has a broad pharmacological profile and can be suggested for cancer treatment, exhibits anti-inflammatory and analgesic specifications and therefore it also can be applied for treatment of skin conditions (Deiana, 2017). Nevertheless, there are no studies that shows CBG potential in electrospinning technique, so all the investigations and tests are important to analyze the possibility of applying Cannabis sativa L. in textile nonwoven forming technology.

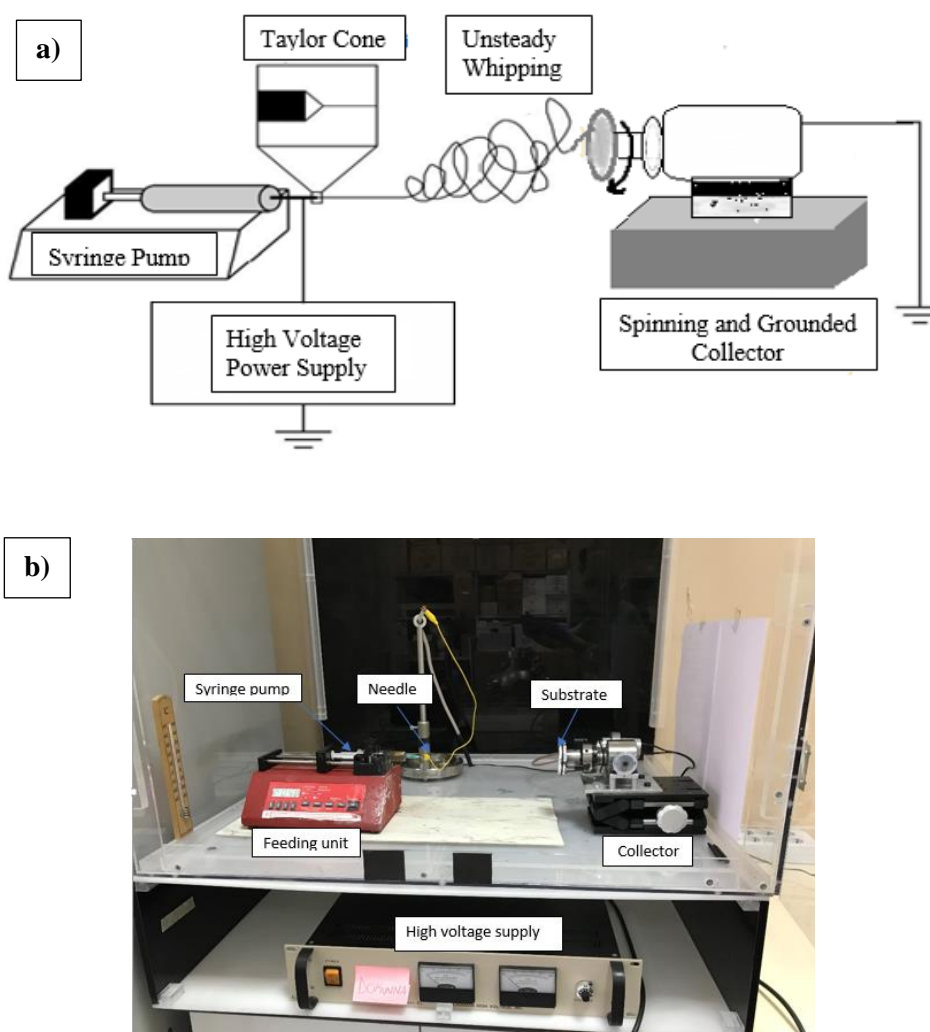
There has recently been a rapid transition from macro to microstructures in the globalizing world with the rapid development of technology. Electrospinning technique firstly reported in 1897, that produces thin (nm to  $\mu\text{m}$ ) polymer fibers by using electrostatic forces. Ordinary setup of electrospinning technique (with syringe type electrode) is used in this technique. A high electric field is applied to a polymer solution or melt which is held together by its surface tension at the tip of a syringe (Xue, Wu, Dai and Xia, 2019).

Electrospinning technique has some advantages of providing ease of application for parametric studies such as adjusting the application voltage, the needle and substrate distance and the flow rate. After applying high voltage, mostly between 1 kV and 30 kV, the pendant drop of polymer solution becomes highly electrified, and the induced charges are evenly distributed over the surface. By using a syringe pump polymer solution is pumped through the needle with a particular feeding rate. Upon increasing the

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1092339

electrical field strength (increasing applied voltage), repulsive electrical forces prevail the surface tension forces of polymer drop, and the drop become a cone with angle of  $49,3^\circ$  (i.e. Taylor cone, the equilibrium shape of a dripping solution at a critical voltage). Then a critical value of applied voltage is reached, a jet from Taylor cone is formed, resulting in the ejection of a charged jet of the solution (Agarwal, Burgard, Greiner and Wendorff, 2016; Hu et al., 2014; Theron, Zussman and Yarin, 2004). Geometry (diameter undulations and branching processes) of fiber can be affected by the processes such as Rayleigh instabilities as well as the electrically driven axi-symmetric instabilities. The jet coming out

of the tip in the beginning for a very short time flows in a straight path and then bending, winding, looping and curling of the jet occurs. Stationary collectors can provide randomly oriented fibers, while aligned fibers can be collected on rotating collectors (Huang, Zhang, Kotaki and Ramakrishna, 2003). The electrospinning technique has several important advantages: easily achieved production of very thin fibers with a large surface area; produced fibers are easy to functionalize; controlled porosity of electrospun material; possibility to create a 3D structure. Electrospun nano-microfibers are flexible to spin into a variety of different shapes and sizes as well as to form a structure of controlled porosity for



**Figure 1.** a) Schematic diagram of electrospinning system, b) Experimental setup of the Electrospinning system

each specific application (Stepanyan et al., 2016; Zaarour, Zhu and Jin, 2020). Moreover,

electrospinning technique allows to functionalize the nano-microfibers during preparation. It can be done

by incorporating viruses, bacteria, enzymes, drugs, catalysts, metal nanoparticles, nanotubes and nanowires (Agarwal et al., 2016; Goroškaitė, 2020). The research was done to analyse and understand the possibility of incorporating hemp extract into the polymer solution and create a bioactive material that could be used for biomedical purposes.

In this study, the hemp stems (cannabis) nanofibers were obtained by employing the electrospinning method, which is one of the most effective and practical methods in the production of polymer-based nanofibers, compared to the traditional nanofiber production methods. Initially, the nanosized particles of hemp stems were mechanically produced by ball milling technique. The obtained Hemp stem's powder were prepared in polyacrylonitrile (PAN) polymer solution. The nanofibers of hemp stems with PAN polymer were produced by utilising electrospinning method. Nanofibers ranging from 30 to few hundred nanometres were produced. The optical, morphological and chemical bonding properties of the obtained Hemp nanofibers were analysed by employing Ultraviolet-Visible-Near infrared (UV-Vis-NIR) spectroscopy, Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy, respectively. In order to determine the thermal endurance of the produced Hemp nanofibers, Thermogravimetric Analysis (TGA) was carried out at temperatures starting from 20 to up to 800 °C.

## MATERIAL AND METHODS

For the synthesis of nanofibers in the study, PAN (polyacrylonitrile,  $C_2H_3NO_5$ ) polymer, DMF (N,N-dimethylformamide,  $C_3H_7NO$ ) and hemp stems ( $C_{21}H_{30}O_2$ ) were employed (Hemp stems were obtained commercially from 3A Girisim ve Tarim Egitim Danismalik Sanayi Ticaret Limited Sirketi). The nanofibers were produced using an electrospinning device as shown in Figure 1. The electrospinning device used in the production of nanofibers consists of 3 main parts. These are the feeding unit (syringe pump), red device on the lefthand side in Figure 1, where the prepared solution is placed, the collector (rotating aluminium plate) and the high voltage power supply. A new era syringe pump was utilized to deliver the polymer solution to the collector in a controlled manner, and a Glassman

High Voltage Series EL high voltage power supply was employed to provide the high voltage that is required to produce nanofibers.

In this study, the power supply can apply DC power up to a maximum of 50 kV. An Aluminium plate that has a diameter of 5 cm was used as a collector (substrate). The reason for using Aluminium plate is that as high voltage applied between the syringe pump's needle and collector plate at a certain distance, an enormous electric field (approx. 75000 V/m) is produced and thus, a conductor was needed to conduct it. For nanofiber synthesis, 6% PAN (polyacrylonitrile) solution in DMF (N,N-dimethylformamide) was prepared. The prepared solution was mixed in the homogenizer device for 2 hours and left for one night in a container. After PAN polymer solution prepared in the first step was drawn into a plastic syringe with a needle diameter of 800  $\mu$ m, the syringe was placed in the feeding unit. Then, it was transferred to the syringe pump for nanofiber production using electrospinning system. The produced nanofibers were deposited in Aluminium plate by electrospinning method. The deposition times duration were change from 1 to 15 minutes. The high voltage supply applied high voltage between 15 to 20 kV. The nanofibers with various diameters and thickness were produced. The optical properties of the produced nanofibers were measured by UV-Vis spectroscopy. The surface morphology and cross-section of hemp nanofibers was characterised using SEM images. The chemically active bonds of the produced hemp nanofibers were measures by utilising FTIR spectroscopy. Moreover, thermal properties of the produced hemp nanofibers were characterised by TGA measurements.

## RESULTS AND DISCUSSION

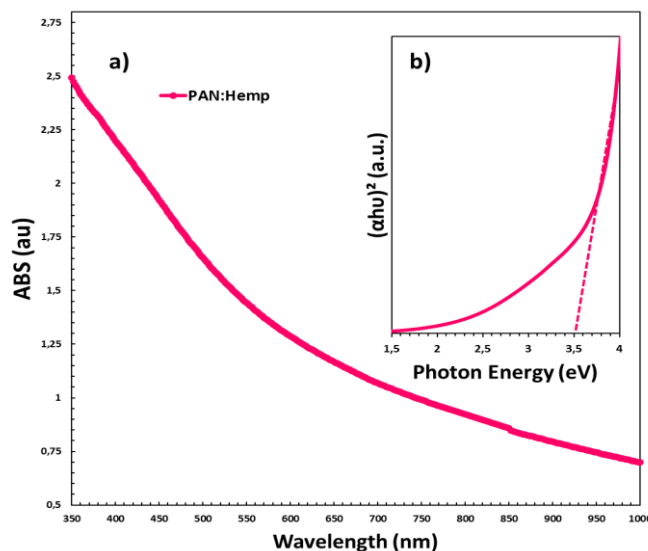
The optical properties of obtained hemp nanofibers were characterized by employing UV-Vis-NIR spectroscopy. Figure 2a demonstrates UV-Vis absorbance spectrum of produced nanofibers for 6 % PAN and Hemp stem with deposition time of 10 minutes and 20 cm substrate needle separation with applied voltage of 20 kV. The most of absorption takes place in UV wavelength region while absorption decreases gradually in longer wavelengths. Energy band gap value of PAN:Hemp stems nanofibers on glass substrate was calculated using absorbance data as 3.5 eV applying Tauc

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1092339

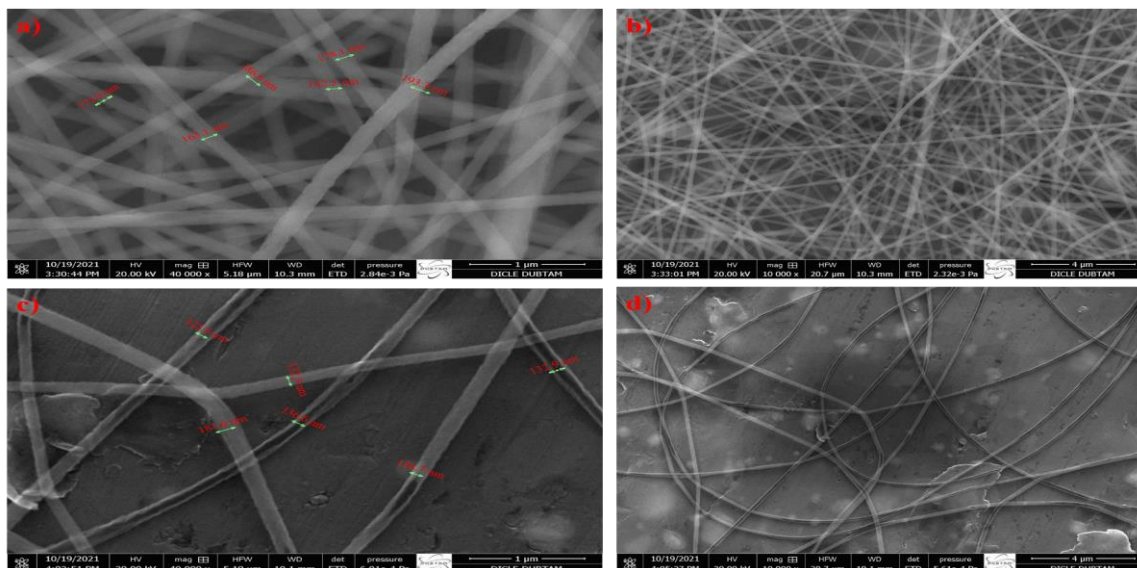
equations and plotting shown in figure 2 b (Gezgin, Houimi, Gündoğdu, Mercimek and Kılıç, 2021).

Figure 3(a-b) demonstrates SEM images of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 1 minute, 20 cm distance between syringe and substrate a 10 kV applied high voltage. Hemp nanofibers between 125 to 180 nm were produced. Figure 3(c-d) illustrates SEM images

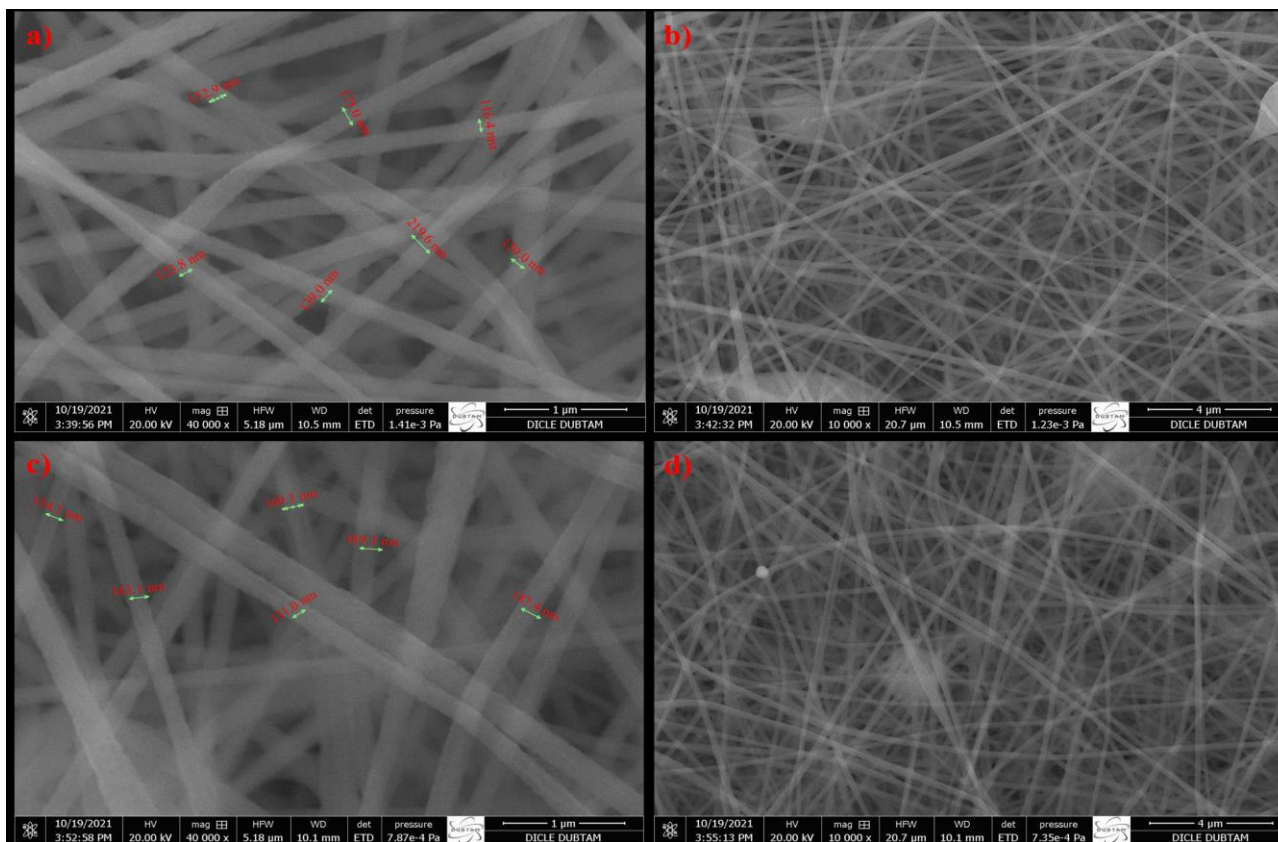
of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 5 minutes at distance of 20 cm and voltage of 15 kV. The thicknesses of hemp nanofibers procedure ranging from 142 to 193 nm. The SEM images indicate that as the deposition time increases, thickness and density of nanofibers rise notably.



**Figure 2.** 6 % PAN:Hemp stem with deposition time of 10 minutes and 20 cm distance as well as 20 kV applied voltage a) UV-Vis absorbance spectrum and b) Energy bandgap spectrum of produced nanofiber



**Figure 3.** (a-b)SEM image of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 1 minutes and 20 cm, 10 kV. (c-d)SEM image of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 5 minutes and 20 cm, 15 kV.

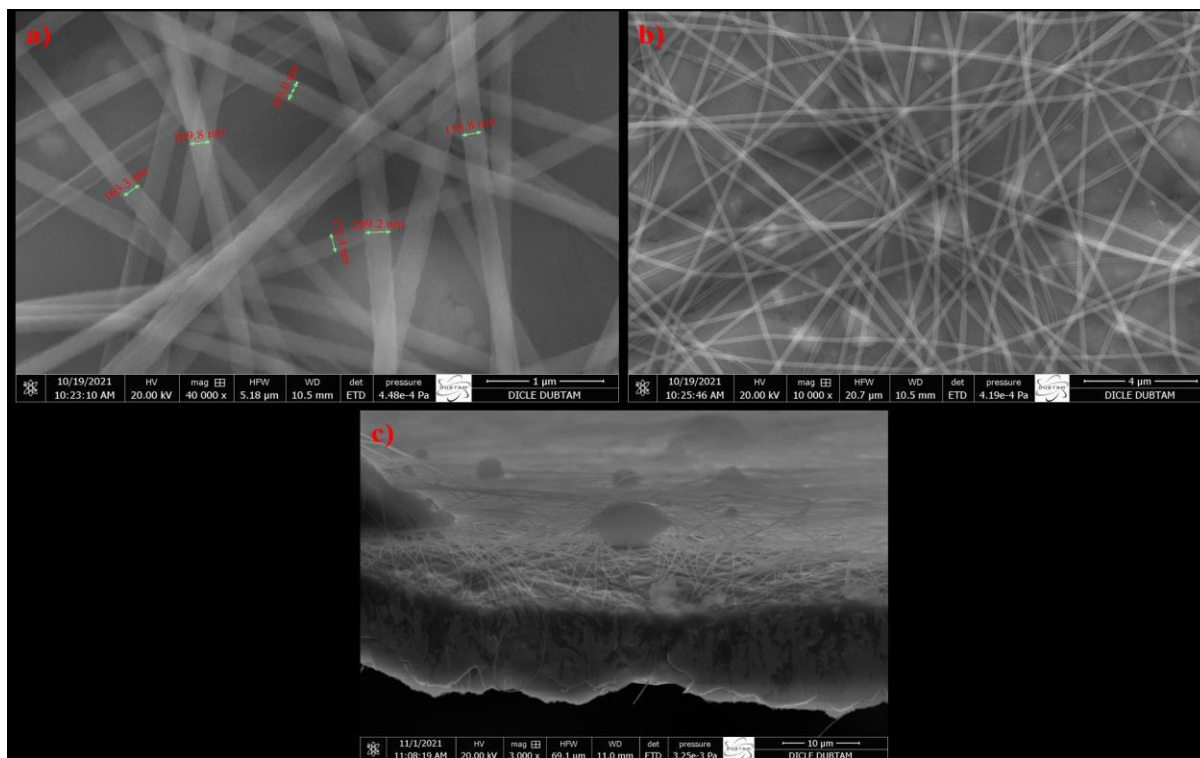


**Figure 4.** (a-b)SEM image of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 10 minutes and 20 cm, 15 kV. (c-d) SEM image of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 15 minutes and 20 cm, 15 kV.

Figure 4(a-b) shows SEM images of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 10 minutes at distance of 20 cm and voltage 15 kV. The obtained nanofibers are differing at thickness ranging from 116 to 220 nm. The images infer that the density per unit area as well as the average thickness of nanofibers rise as the deposition time upsurges. Figure 4(c-d) demonstrates SEM images of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 15 minutes at distance of 20 cm and voltage 15 kV. The obtained nanofibers are differing at thickness ranging from approx. 130 to 250 nm. The correlation between the thickness, density per unit volume and deposition time of nanofibers confirms the previous measurements. Figure 5(a-b) illustrates SEM images

of produced nanofibers for 6 % PAN only with deposition time of 10 minutes and 20 cm, 10 kV. The thickness of the produced PAN nanofibers are ranging between 150 to 210 nm. The density per unit volume agrees with the previous measurements for hemp stem.

Figure 5(c) shows SEM image of produced nanofibers' cross-section for 6% PAN: Hemp stem with deposition time of 1 minute and 20 cm with 20 kV. Since the nanofibers are produced on an aluminum foil which has a thickness of approx. 10  $\mu\text{m}$ , the thickness of the produced hemp nanofibers are around few micrometers for deposition of 1 minute.



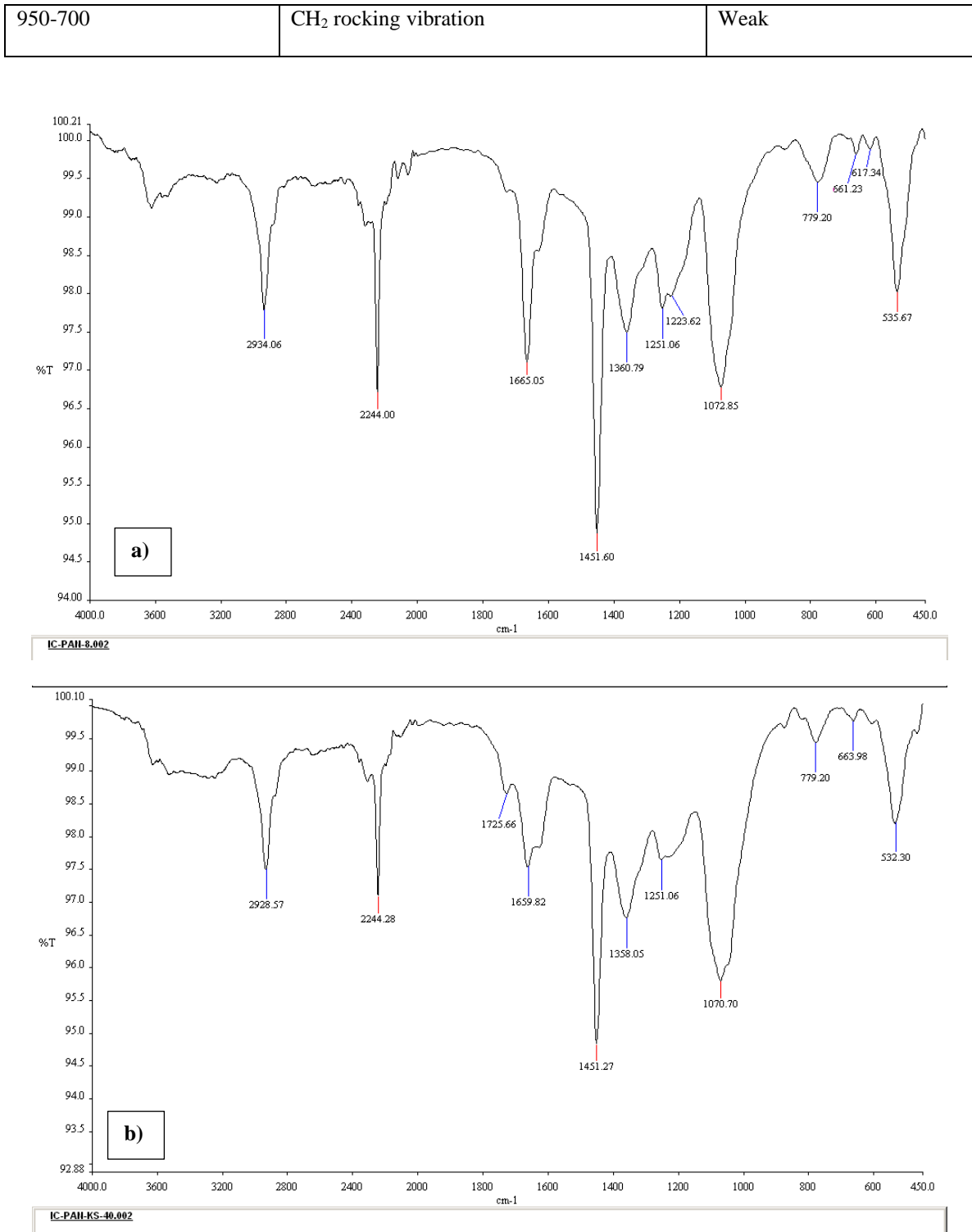
**Figure 5.** (a-b)SEM image of produced nanofibers for 6 % PAN only with deposition time of 10 minutes and 20 cm, 10 kV. a) 40000 times magnification and b) 10000 times magnification (c) SEM image of produced nanofibers' cross-section for 6% PAN:Hemp stem with deposition time of 1 minute and 20 cm, 20 kV at 3000 times magnification.

Figure 6(a-b) reveal FTIR spectrum of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 15 minutes at a distance of 20 cm and voltage of 20 kV. The vibrational modes of produced nanofibers of PAN polymer and hemp stem agrees with previous studies and are given in table 1 (Mohammed et al., 2020).

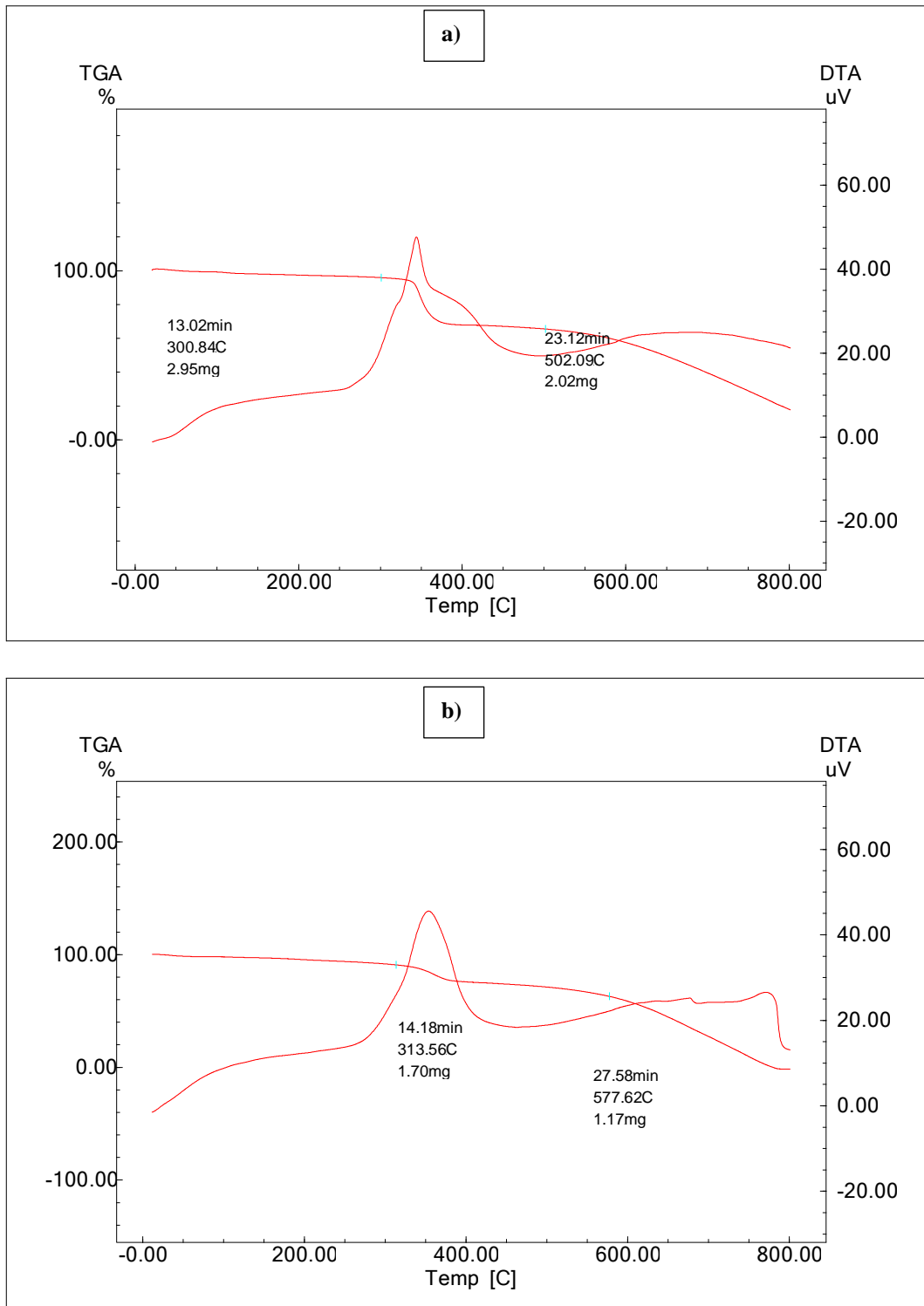
C-O antisymmetric and asymmetric axial stretching around  $1300-1100\text{ cm}^{-1}$  and  $1150-1000\text{ cm}^{-1}$  respectively. The stretching vibrations and the bending vibrations of  $(\text{CH})_n$  ( $n=1,2,3$ ) appear at  $3000-2900\text{ cm}^{-1}$  and  $1475-722\text{ cm}^{-1}$  respectively.

**Table 1.** Absorbance bands interval of PAN:Hemp stems

Absorption bands ( $\text{cm}^{-1}$ )	Functional group	Absorption intensity
3011-2920	C-H Stretching vibration	Strong
2873-2852	$\text{CH}_2$ Asymmetric and symmetric vibration	Strong
1464-1435	$\text{CH}_2$ Scissoring vibration	Middling
1377-1237	$\text{CH}_2$ and $\text{CH}_3$ deformation	Middling
1195-1044	C-O-C symmetric stretching vibration	Middling
1044-991	C-O-C Anti-symmetric stretching vibration	Weak



**Figure 6.** a) FTIR spectrum of produced nanofibers for 6% PAN with deposition time of 15 minute and 20 cm, 20 kV  
b) FTIR spectrum of produced nanofibers for 6% PAN and Hemp stem with deposition time of 15 minute and 20 cm, 20 kV.



**Figure 7.** a) TGA plot of 6 % PAN with deposition time of 15 minutes and 20 cm, 20 kV b) TGA plot of 6 % PAN and Hemp stem with deposition time of 15 minutes and 20 cm, 15 kV



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1092339

Figure 7(a-b) demonstrates TGA plot of 6 % PAN:hemp stem with deposition time of 15 minutes, respectively. Figure 7a shows a 40 % weight loss at 300 °C for PAN nanofibers while figure 7b demonstrates a 20 % weight loss at 314 °C for Hemp stem nanofibers. Both PAN and Hemp stem nanofibers continue losing weight gradually after first sharp decrease and almost completely disintegrate at 800 °C. As a result, it can be said that the hemp stem nanofibers are more enduring compared to PAN polymer nanofibers at high temperatures.

## CONCLUSION

The fibers that are reduced from hemp stems to nanosized dimensions were obtained by employing the electrospinning method. Initially, the nanosized particles of Hemp stems were mechanically produced by ball milling technique. SEM images revealed that the thickness of hemp nanofibers increased when deposition times raised. From cross-section measurements, since the nanofibers are produced on an aluminum foil which has a thickness of approx. 10 µm, the thickness of the produced hemp nanofibers are around few micrometers for deposition of 1 minute. The nanofibers diameters of PAN: Hemp Stems are produced ranging from 30 to 250 nm. FTIR spectrum revealed the vibrational modes of produced nanofibers of PAN polymer and hemp stem agrees with previous studies. TGA measurements inferred that both PAN and Hemp stem nanofibers continue losing weight gradually after first sharp decrease at around 300 °C and almost completely disintegrate at 800 °C. As result, it can be said that the hemp stem nanofibers are more enduring compared to PAN polymer nanofibers at high temperatures. The produced PAN: hemp stems nanofibers can be applied to medical usage for future studies.

## ACKNOWLEDGMENT

Authors kindly would like to thank

- Selçuk University Scientific Research Project (BAP) Coordination for the support projects
- Selçuk University, High Technology Research and Application Centre (İL-TEK) and SULTAN Centre for infrastructures.

-Dicle University Scientific Research Coordinatorship for supporting this work under project number FEN.20.007.

## CONFLICT OF INTEREST

The Authors report no conflict of interest relevant to this article

## RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

## REFERENCES

- Agarwal, S., Burgard, M., Greiner, A. and Wendorff, J. (2016). Electrospinning: de Gruyter.
- Andriotis, E. G., Chachlioutaki, K., Monou, P. K., Bouropoulos, N., Tzetzis, D., Barmpalexis, P., . . . Fatouros, D. G. (2021). Development of Water-Soluble Electrospun Fibers for the Oral Delivery of Cannabinoids. *AAPS PharmSciTech*, 22(1), 1-14.
- Cassano, R., Trombino, S., Ferrarelli, T., Nicoletta, F. P., Mauro, M. V., Giraldi, C. and Picci, N. (2013). Hemp fiber (*Cannabis sativa* L.) derivatives with antibacterial and chelating properties. *Cellulose*, 20(1), 547-557.
- Deiana, S. (2017). Potential medical uses of cannabigerol: a brief overview. *Handbook of Cannabis and Related Pathologies*, 958-967.
- Fahimirad, S., Abtahi, H., Satei, P., Ghaznavi-Rad, E., Moselehi, M. and Ganji, A. (2021). Wound healing performance of PCL/chitosan based electrospun nanofiber electrospayed with curcumin loaded chitosan nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 259, 117640.
- Fang, J., Wang, X. and Lin, T. (2011). Functional applications of electrospun nanofibers. *Nanofibers-production, properties and functional applications*, 14, 287-302.
- Gao, H., He, W., Zhao, Y.-B., Opris, D. M., Xu, G. and Wang, J. (2020). Electret mechanisms and kinetics of electrospun nanofiber membranes and lifetime in filtration applications in comparison with corona-charged membranes. *Journal of Membrane Science*, 600, 117879.
- Gezgin, S. Y., Houimi, A., Gündoğdu, Y., Mercimek, B. and Kılıç, H. Ş. (2021). Determination of photovoltaic parameters of CIGS hetero junction solar cells produced by PLD technique, using SCAPS simulation program. *Vacuum*, 192, 110451.
- Gibson, P., Schreuder-Gibson, H. and Rivin, D. (1999). Electrospun fiber mats: transport properties. *AIChE journal*, 45(1), 190-195.

- Goroškaitė, S. (2020). The formation and analysis of electrospun materials from nano-microfibers with hemp extract. *Kauno technologijos universitetas*.
- Hu, X., Liu, S., Zhou, G., Huang, Y., Xie, Z. and Jing, X. (2014). Electrospinning of polymeric nanofibers for drug delivery applications. *Journal of controlled release*, 185, 12-21.
- Huang, Z.-M., Zhang, Y.-Z., Kotaki, M. and Ramakrishna, S. (2003). A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. *Composites science and technology*, 63(15), 2223-2253.
- Kalantari, K., Afifi, A. M., Jahangirian, H. and Webster, T. J. (2019). Biomedical applications of chitosan electrospun nanofibers as a green polymer-Review. *Carbohydrate polymers*, 207, 588-600.
- Kamoun, E. A., Loutfy, S. A., Hussein, Y. and Kenawy, E.-R. S. (2021). Recent advances in PVA-polysaccharide based hydrogels and electrospun nanofibers in biomedical applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 755-768.
- Kamsani, N. H., Haris, M. S., Pandey, M., Taher, M. and Rullah, K. (2021). Biomedical application of responsive 'smart' electrospun nanofibers in drug delivery system: A minireview. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(7), 103199.
- Kariduraganavar, M. Y., Kittur, A. A. and Kamble, R. R. (2014). Polymer synthesis and processing. In *Natural and synthetic biomedical polymers* (pp. 1-31): Elsevier.
- Khanzada, H., Salam, A., Qadir, M. B., Phan, D.-N., Hassan, T., Munir, M. U., . . . Kim, I. S. (2020). Fabrication of promising antimicrobial aloe vera/PVA electrospun nanofibers for protective clothing. *Materials*, 13(17), 3884.
- Liao, J., Zhang, S. and Tang, X. (2020). Sound absorption of hemp fibers (*Cannabis Sativa L.*) based nonwoven fabrics and composites: A review. *Journal of Natural Fibers*, 1-13.
- Lin, W., Chen, M., Qu, T., Li, J. and Man, Y. (2020). Three-dimensional electrospun nanofibrous scaffolds for bone tissue engineering. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 108(4), 1311-1321.
- Liu, Y., Zhou, S., Gao, Y. and Zhai, Y. (2019). Electrospun nanofibers as a wound dressing for treating diabetic foot ulcer. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(2), 130-143.
- Lv, D., Zhu, M., Jiang, Z., Jiang, S., Zhang, Q., Xiong, R. and Huang, C. (2018). Green electrospun nanofibers and their application in air filtration. *Macromolecular Materials and Engineering*, 303(12), 1800336.
- Mohammed, M., Atabani, A., Uguz, G., Lay, C.-H., Kumar, G. and Al-Samarae, R. (2020). Characterization of hemp (*Cannabis sativa L.*) biodiesel blends with euro diesel, butanol and diethyl ether using FT-IR, UV-Vis, TGA and DSC techniques. *Waste and Biomass Valorization*, 11(3), 1097-1113.
- Mohtaram, F., Borhani, S., Ahmadpour, M., Fojan, P., Behjat, A., Rubahn, H.-G. and Madsen, M. (2020). Electrospun ZnO nanofiber interlayers for enhanced performance of organic photovoltaic devices. *Solar Energy*, 197, 311-316.
- Stepanyan, R., Subbotin, A., Cuperus, L., Boonen, P., Dorschu, M., Oosterlinck, F. and Bulters, M. (2016). Nanofiber diameter in electrospinning of polymer solutions: Model and experiment. *Polymer*, 97, 428-439.
- Sutka, A., Gravitis, J., Kukle, S., Sutka, A. and Timusk, M. (2015). Electrospinning of poly (vinyl alcohol) nanofiber mats reinforced by lignocellulose nanowhiskers. *Soft Materials*, 13(1), 18-23.
- Theron, S., Zussman, E. and Yarin, A. (2004). Experimental investigation of the governing parameters in the electrospinning of polymer solutions. *Polymer*, 45(6), 2017-2030.
- Xue, J., Wu, T., Dai, Y. and Xia, Y. (2019). Electrospinning and electrospun nanofibers: Methods, materials, and applications. *Chemical reviews*, 119(8), 5298-5415.
- Yang, E., Qin, X. and Wang, S. (2008). Electrospun crosslinked polyvinyl alcohol membrane. *Materials Letters*, 62(20), 3555-3557.
- Zaarour, B., Zhu, L. and Jin, X. (2020). A review on the secondary surface morphology of electrospun nanofibers: formation mechanisms, characterizations, and applications. *ChemistrySelect*, 5(4), 1335-1348.

## Farklı Meyve Çekirdekleri Yağlarının Keklerin Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisi

Sema Lubabe Erdoğan<sup>1\*</sup>, Yeliz Tekgül<sup>2</sup>, Gülşah Çalışkan Koç<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Alanya Hamdullah Emin Paşa Üniversitesi, Otel, Lokanta ve İkrâm Hizmetleri Aşçılık Programı, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, Türkiye

<sup>3</sup>Uşak Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Uşak, Türkiye

\*lubabeerdogan@gmail.com<sup>ID</sup>, yeliz.tekgul@adu.edu.tr<sup>ID</sup>, gulsah.koc@usak.edu.tr<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi: 01.02.2022, Makale kabul tarihi: 30.05.2022

### Öz

Bu çalışmanın amacı, ayçiçek yağına alternatif olarak farklı meyve çekirdeği yağları kullanarak besin değeri yüksek fonksiyonel kek üretilmesidir. Bu amaçla, meyve çekirdeği yağı olarak nar, kayısı, üzüm, incir ve kuşburnu çekirdeği yağları kullanılmıştır. Farklı meyve çekirdeği yağı içeren hamurların ve keklerin nem içeriği kontrole kıyasla daha yüksek bulunurken, kül içeriği ve pH değeri daha düşük bulunmuştur. Kek üretiminde ayçiçek yağı yerine meyve çekirdeği yağı kullanımı örneklerin protein (%0.7- 6.7) ve yağ içeriğinde (%42.5 - 60) genel olarak artışa neden olmuştur. Kontrol örneklerinin kabuk parlaklık değerleri meyve çekirdeği yağı kullanılarak üretilenlere kıyasla daha düşük bulunmuştur. Keklerin ağırlık kaybı değerlerinin %14.30 ile %16.66 arasında değiştiği, pişme verimlerinin ise %83.39'un üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek hacim ve simetri indeksi değerleri sırasıyla incir ve kayısı çekirdeği yağı ile üretilen keklerde gözlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, üzüm çekirdeği yağı ile üretilen keklerin panelistler tarafından en yüksek kabul edilebilirliğe sahip olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kek, meyve çekirdeği yağı, pişme verimi, duyusal analiz

## The Effect of Different Fruit Seed Oils on Quality Characteristics of Cakes

### Abstract

The aim of this study is to produce a new functional cake with high nutritional value using different fruit seed oils as an alternative to sunflower oil. For this purpose, pomegranate, apricot, grape, fig, and rosehip seed oils were used as fruit oil. While the moisture contents of doughs and cakes with different fruit seed oils were higher than the control, the ash content and pH values were found to be lower. The use of fruit oil instead of sunflower oil in cake production resulted in generally an increase in the protein ( 0.7 % - 6.7 %) and oil ( 42.5 % - 60 %) contents. The lightness values of the crust of the control samples were found to be lower than those produced using fruit seed oils. The weight loss values of cakes ranged between 14.30 % and 16.66%, whereas the cooking yield values were found higher than 83.39%. The highest volume and symmetry index values were observed from the cakes with fig and apricot seed oils, respectively. According to the sensory evaluation, it was observed that the cakes produced with grape seed oil had the highest acceptability by the panelists.

**Keywords:** Cake, fruit seed oil, cooking yield, sensory analysis

### GİRİŞ

Meyve çekirdekleri, kabukları vb. gıda sanayii atıkları fitokimyasallar gibi değerli bileşenleri içermektedir. Bu yan ürünlerinin değerlendirilmesi, ekonomik potansiyellerinin ve tüketim alanlarının (gıda, hayvan yemi, renklendirici, kozmetik ve ilaç endüstrileri) artırması ve çevre kirliliğini azaltması gibi avantajlarıyla gelecek vadede bir yaklaşımdır (Szentmihályi ve ark., 2002; Tekgül ve Baysal, 2019).

Meyve çekirdeklerinden yağ ekstraksiyonu günümüzde oldukça popüler bir yaklaşım olup genellikle kozmetik amaçlı kullanılmaktadır. Birçok biyolojik aktivitesi bulunan ve değerli fitokimyasallar içeren bu yağların gıdalarda kullanımı ve kullanım alanlarının geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Doymamış yağ asitlerince (Oleik, linoleik, linolik, vb.) ve tokoferollerce ( $\alpha$ ,  $\gamma$ , ve  $\delta$ ) zengin olan kayısı çekirdeği yağı antioksidan, antimikrobiyal,

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1062926

antifungal, antibakteriyel, antiseptik, antiaging vb. özelliklerinden dolayı gıda, tıbbi ve farmasötik uygulamalarda kullanılabilir (Bhanger, Anwar ve ark., 2020; Matthaus ve ark., 2016; Priyadarshi ve ark., 2018; Tanwar ve ark., 2019).

Yüksek miktarda Omega-3 ve E vitamini içeren incir çekirdeği yağının doğal enerji kaynağı olduğu ve bununla birlikte beyin ve kalp sağlığı için fayda sağladığı bilinmektedir. Ayrıca incir çekirdeği yağı tüketiminin bilinen hiçbir yan etkisinin olmadığı görülmektedir. İncir çekirdeği yağı gıda sektörünün yanı sıra kozmetik ve tıbbi alanlarda da kullanılabilir (Dadaş, 2018; Yeniçeri & Küçüköner, 2020).

Üzüm çekirdeği yağının yüksek antioksidan içeriği sebebiyle genellikle kozmetik sektöründe aroma verici olarak kullanılmakla birlikte gıda sektöründe ise besin destekleyicisi olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir (Demiryürek, 2006; Erkan, 2013).

Yapılan çalışmalara göre, nar çekirdeği yağının anti-enflamatuvar, anti-anjiogenik, antioksidan, immünomodulator ve kanser önleyici etkisinin olduğu bilinmektedir. Sağlığa etkileri sebebiyle nar çekirdeğine karşı bilimsel ilginin arttığı görülmektedir. Son dönemlerde ise gıda sektöründe takviye edici besin olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmaların yaygınlaştığı bilinmektedir (Özen, 2014).

Kuşburnu çekirdeği yağında fosfotidilkolin, fosfotidiletanolamin, fosfotidilinozitol, palmitik asit ve  $\beta$ -sitosterol bulunmaktadır (Szentmihályi ve ark. 2002). Kuşburnu çekirdeği yağında en çok bulunan yağ asitleri; oleik asit, linoleik asit ve araşidik asit olarak bilinmektedir. Ayrıca bu yağın oksidasyon stabilitesi yüksek olduğu için aroma ve tat bozulmasına karşı dayanıklı olduğu görülmektedir (Topkafa, 2016; Tenekeci, 2017). Kuşburnu yağı genel olarak; cilt koruyucu, kırışıklık önleyici, gençleştirici, hücre yenileyici ve zedelenmiş dokuları iyileştirici olarak kullanılabilir (Tenekeci, 2017).

Bu çalışmanın amacı, genellikle kozmetik amaçlı kullanılan meyve çekirdeği yağlarının gıdalarda kullanım alanlarının artırılmasına yönelik olup, ayçiçek yağına alternatif olarak farklı meyve çekirdeği yağları kullanarak besin değeri yüksek yeni fonksiyonel kek üretilmesidir. Bu amaçla, meyve yağı olarak nar çekirdeği, kayısı çekirdeği, üzüm çekirdeği, incir çekirdeği ve kuşburnu çekirdeği yağları kullanılmıştır. Üretilen keklerin fiziksel ve

kimyasal özellikleri belirlenmiş ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin belirlenmesi açısından duyu analizi yapılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışma kapsamında kullanılan buğday unu (Söke Değirmencilik San. Ve Tic. A.Ş.), nar çekirdeği, kayısı çekirdeği, üzüm çekirdeği, incir çekirdeği, ve kuşburnu çekirdeği yağları (Arifoğlu Doğal ve Organik Ürünler San. Tic. Ltd. Şti.), ayçiçek yağı (Küçükbay A.Ş.), yumurta (Bim A.Ş.), şeker (Keskinlik Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.), süt (Sütaş Süt Ürünleri A.Ş.), kabartma tozu (Dr. Oetker Gıda San. ve Tic. A.Ş.) Alanya'da yerel bir marketten temin edilmiştir.

### Yöntem

Bu çalışmada ayçiçek yağı (kontrol), üzüm çekirdeği yağı, nar çekirdeği yağı, incir çekirdeği yağı, kayısı çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağı kullanılarak 6 farklı kek üretilmiştir. Kekler 31.6 g un, 24.6 g yumurta, 21.0 g şeker, 6.3 g sıvı yağ, 14.8 g süt ve 1.8 g kabartma tozu kullanılarak hazırlanmıştır. Kek karışımının hazırlanma aşamasında ilk olarak yumurta bütün olarak çırpma kabına alınmış ve üzerine şeker ilave edilmiştir. Beyazlaşıp köpük formuna dönüşene kadar mikser (Electrolux, İsveç) ile yüksek devirde 10 dakika çırpılmıştır. Daha sonra karışıma süt, sıvı yağ, un ve kabartma tozu ilave edilerek düşük devirde 2 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen kek karışımı taban çapı 2 cm olan özel kek kalıplarına 50'şer g olacak şekilde tartılarak konulmuştur. Önceden ısıtılmış 170 °C'lik fırında (Air-o-convect bakery, Electrolux, İsveç) 10 dk pişirme işlemine tabi tutulmuş ve pişmiş kekler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra kalıplardan çıkartılarak kilitli plastik poşetlere alındıktan sonra analiz yapımında kullanılmak üzere oda sıcaklığında bekletilmiştir.

### Analizler

#### Fiziksel ve kimyasal analizler

Kek hamurlarının ve keklerin nem içeriği AOAC (2000), kül içeriği AACC (1990 No:08- 01), protein içeriği AOAC (2000, No: 950.36), yağ içeriği ise AOAC (1990) yöntemleri ile belirlenmiştir. Örneklerin pH değeri ise (Seven Excellence, Mettler TOLEDO AG, Çin) pH metre ile oda sıcaklığında ölçüm yapılarak belirlenmiştir.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1062926

Keklerde meydana gelen ağırlık kaybı (AK) Eşitlik (1)'e pişme verimi (PV) ise Eşitlik (2)'ye göre hesaplanmıştır (Poinot et al., 2008).

$$AK(\%) = (W_{\text{kek}} - W_{\text{hamur}}) / W_{\text{hamur}} \quad (1)$$

$$PV(\%) = W_{\text{kek}} / W_{\text{hamur}} * 100 \quad (2)$$

Simetri, tekdüzelik, ve hacim indeksi değerleri kekler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra merkezinden ikiye kesilerek AACC (no:10-91.01, 2000) tarafından verilen çizelge ile ölçülerek belirlenmiştir.

Keklerin iç ve dış renk değerlerini ölçmek üzere (Hunter *L* [0-100= koyuluk-açıklık], *a* [*a*+ = kırmızı, *a*- = sarı] ve *b* [*b*+ = sarı, *b*- = mavi]) Hunter lab (Colorflex EZ, ABD) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır (Işık ve ark., 2017).

### Duyusal analiz

Kekler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra panelistlere sunulmuştur. Duyusal analiz için Alanya Hamdullah Emin Paşa Üniversitesinde, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümünde bulunan lisans ve yüksek lisans öğrencileri ile (10 panelistle) puanlama testi yapılmıştır (1 (en düşük), 5 (en yüksek)). Farklı meyve çekirdeği yağları ile hazırlanan keklerin renk, yapı (sertlik), lezzet, koku ve genel beğeni özelliklerini beğeni derecelerine göre puanlamaları istenmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005). Panelistlere kullanılan yağlar ile ilgili detaylı bilgi (hangi tip meyve çekirdeği yağı kullanıldığı) verilmemiş ve kekler ile ilgili genel yorumları sorgulanmıştır. Renk olarak tüketicilerin kekten beklediği rengin karşılanıp karşılanmadığı, yapı (sertlik) olarak kekten beklenen sertlik/yumuşaklığın sağlanmadığı gibi sorulara cevap aranırken, sonuç olarak ise panelistlerin farklı meyve çekirdeği yağları ile üretilen kekleri beğenip beğenmedikleri sorgulanmıştır.

### İstatistiksel analiz

Kek üretimi iki tekrar tüm analizler ise üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ortalama  $\pm$  standart sapma olacak şekilde kaydedilerek SPSS 16.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) kullanılarak %95 güven aralığında varyans analizinden (ANOVA) faydalanılarak DUNCAN çoklu testi ile yapılmıştır.

### BULGULAR

Farklı meyve çekirdeği yağları kullanılarak hazırlanan kek hamurlarının analiz sonuçları Tablo 1'de, keklerin analiz sonuçları ise Tablo 2' de verilmiştir. Kek hamur nem değerleri incelendiğinde en düşük nem içeriği ayçiçek yağı (%34.82 $\pm$ 0.07) ile hazırlanmış kek hamurlarında, en yüksek nem içeriği ise incir çekirdeği yağı (%37.02 $\pm$ 0.35) ile hazırlanmış kek hamurlarında görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Diğer meyve çekirdeği yağları içeren kek hamurlarının nem içeriği yaklaşık %36 civarında bulunmuş olup aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna varılmıştır ( $p > 0.05$ ). Beklenildiği üzere pişirme işlemiyle hamurlardaki su buharlaşmış ve keklerin nem içerikleri hamura kıyasla daha düşük bulunmuştur. Pişme işlemi sırasında hamurdan uzaklaşan su miktarı %50.7 (incir çekirdeği ile üretilen kek) ile %69.3 (ayçiçek yağı ile üretilen kek) arasında değişim göstermektedir. Kek hamurlarının nem analizi sonuçlarına benzer bir şekilde, farklı meyve çekirdeği yağları içeren keklerin nem tayini sonuçları incelendiğinde en düşük nem içeriği (%10.66 $\pm$ 1.18) ayçiçek yağı ile hazırlanmış kontrol örneğinde, en yüksek nem içeriği (%18.26 $\pm$ 0.29) ise incir çekirdeği yağı ile hazırlanmış kek örneğinde görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Keklerin nem içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Nem tayini sonuçlarına benzer bir şekilde, kek hamurlarının kül içerikleri incelendiğinde en düşük kül içeriği incir çekirdeği yağı ile hazırlanmış kek hamurlarında, en yüksek kül içeriği ise ayçiçek yağı ile hazırlanmış kek hamurlarında gözlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda kek örneklerinin kül içeriklerinin %1.38 $\pm$ 0.06 (incir çekirdeği yağı, kb) ile %2.42 $\pm$ 0.02 (ayçiçek yağı, kb) arasında değiştiği görülmüştür. Kek örneklerinin kül içeriği kek hamurlarına kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Ayçiçek, üzüm çekirdeği, nar çekirdeği, incir çekirdeği, kayısı çekirdeği ve kuşburnu çekirdeği yağlarının pH değerleri sırasıyla 8.89, 8.81, 8.28, 8.34, 8.41 ve 8.44 olarak ölçülmüştür. Kek hamurlarının pH değerleri incelendiğinde en düşük pH değeri incir çekirdeği yağı içeren hamurlarda, en yüksek pH değeri ise kontrol örneğinde görülmüştür. Ayçiçek yağına farklı oranlarda kabak çekirdeği yağı (%0, 20, 40, 60, 80 ve 100) ilave edilerek üretilen kek hamurlarının pH değerlerinin yağının kek hamurundaki yüzdesel artışı arttığı, en düşük pH değerinin kontrol örneğinden elde edildiği

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1062926

belirtmiştir (Seçen, 2016). Bu çalışma da ise kontrol örneğinin pH değeri diğerlerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun nedeninin kullanılan yağların pH değerinin ayçiçek yağına kıyasla daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Altı farklı yağ kullanarak hazırlanan kek örneklerinin pH değerleri  $8.28 \pm 0.06$  ile  $8.88 \pm 0.01$  arasında değişiklik göstermektedir. En düşük pH değeri nar çekirdeği yağı ile hazırlanmış keklerde, en yüksek pH

değeri ise ayçiçek yağı ile hazırlanmış keklerde gözlemlenmiştir. Ayçiçeği ve üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kekler hariç diğer keklerin pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Ayçiçek yağının yüksek pH değeri hamur ve kekin yüksek pH değerine sahip olmasına neden olmuş olabilir. Keklerin pH değerleri hamurlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

**Tablo 1.** Farklı meyve çekirdeği yağları kullanılarak hazırlanan hamurların analiz sonuçları (n=3)

Örnekler	Analizler		
	Nem Tayini (% Yaş Bazlı)	Kül Tayini (% Kuru Bazlı)	pH
Ayçiçek yağı ile üretilen kek hamuru(Kontrol)	$34.83 \pm 0.09^A$	$2.73 \pm 0.26^C$	$7.97 \pm 0.05^D$
Kayısı çekirdeği yağı ile üretilen kek hamuru	$36.85 \pm 0.05^D$	$2.33 \pm 0.03^B$	$7.83 \pm 0.05^C$
İncir çekirdeği yağı ile üretilen kek hamuru	$37.02 \pm 0.35^D$	$1.67 \pm 0.05^A$	$7.60 \pm 0.01^A$
Nar çekirdeği yağ ile üretilen kek hamuru	$35.73 \pm 0.17^B$	$1.68 \pm 0.03^A$	$7.93 \pm 0.01^D$
Üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kekhamuru	$36.35 \pm 0.10^C$	$2.29 \pm 0.04^B$	$7.65 \pm 0.01^B$
Kuşburnu çekirdeği yağı ile üretilen kek hamuru	$36.14 \pm 0.17^C$	$2.35 \pm 0.02^B$	$7.62 \pm 0.03^{AB}$

<sup>A-D</sup> Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

Farklı meyve çekirdeği yağları kullanılarak hazırlanan keklerin yağ içerikleri  $9.69 \pm 1.08$  ile  $15.52 \pm 2.29$  arasında değişmektedir. Nar çekirdeği yağı kullanılarak hazırlanan kek örneklerinin yağ içeriğinin en yüksek, ayçiçek yağı kullanılarak üretilen keklerin ise en düşük yağ içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Kek örneklerinin protein içerikleri incelendiğinde incir çekirdeği yağı ile üretilen kek örneklerinin protein içeriği en yüksek

( $10.89 \pm 1.40$ ) olarak bulunmuştur. Kek üretiminde meyve çekirdeği yağı kullanımının örneklerin protein içeriğinde genel olarak artışa neden olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre keklerin içerdiği protein içerikleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken ( $p > 0.05$ ), meyve çekirdeği yağı içeren keklerin yağ içeriklerinin kontrole kıyasla istatistiksel olarak önemli ölçüde yüksek olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.05$ )

**Tablo 2.** Farklı meyve çekirdeği yağları kullanılarak hazırlanan keklerin analiz sonuçları (n=3)

Örnekler	Analizler				
	Nem İçeriği (%, Yaş Bazlı)	Kül İçeriği (%, Kuru Bazlı)	pH	Yağ İçeriği (% Kuru Bazlı)	Protein İçeriği (% Kuru Bazlı)
Ayçiçek yağı ile üretilen kek (Kontrol)	$10.66 \pm 1.18^A$	$2.42 \pm 0.03^D$	$8.89 \pm 0.02^B$	$9.69 \pm 1.08^A$	$10.21 \pm 0.96^A$
Kayısı çekirdeği yağı ile üretilen kek	$14.46 \pm 0.40^C$	$1.89 \pm 0.05^C$	$8.41 \pm 0.09^A$	$13.81 \pm 0.09^B$	$10.28 \pm 1.15^A$
İncir çekirdeği yağı ile üretilen kek	$18.26 \pm 0.29^E$	$1.38 \pm 0.06^A$	$8.34 \pm 0.04^A$	$14.23 \pm 0.07^{BC}$	$10.89 \pm 1.4^A$
Nar çekirdeği yağı ile üretilen kek	$15.14 \pm 0.22^D$	$1.40 \pm 0.09^A$	$8.28 \pm 0.07^A$	$15.52 \pm 2.29^{BC}$	$10.62 \pm 0.12^A$
Üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kek	$16.61 \pm 1.33^D$	$1.76 \pm 0.08^B$	$8.81 \pm 0.10^B$	$13.80 \pm 0.48^B$	$9.57 \pm 0.78^A$
Kuşburnu çekirdeği yağı ile üretilen kek	$12.12 \pm 0.19^B$	$1.82 \pm 0.04^C$	$8.44 \pm 0.17^A$	$14.21 \pm 0.54^{BC}$	$9.51 \pm 2.13^A$

<sup>A-E</sup> Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

Meyve çekirdeği yağı içeren keklerin iç ve kabuk rengi değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Kek örneklerinin iç rengi  $L^*$  değerleri  $53.56 \pm 1.57$  ile  $57.05 \pm 0.99$  arasında değişiklik göstermiş, en düşük iç rengi  $L^*$  değeri incir çekirdeği yağı kullanılarak üretilen kek örneklerinde, en yüksek  $L^*$  değeri ise kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Meyve çekirdekleri yağlarının ilavesinin örneklerin  $L^*$  değerlerinde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Çalışma sonuçlarına benzer şekilde Kaur ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, kek örneklerinde ayçiçek yağı yerine soya, pirinç, kanola ve pamuk yağları kullanımının örneklerin  $L^*$  değerlerinde azalmaya neden olduğu bulgulanmıştır. Abdel-Razik ve ark. (2012) tarafından yapılan ve ayçiçek yağı ikamesi olarak farklı oranlarda mango tohumu yağının kullanıldığı bir çalışmada mango yağı kullanımının örneklerin kabuk renginin parlaklık değerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Kek örneklerinin kabuk renkleri incelendiğinde, kabuk renklerinin  $L^*$  değerlerinin iç rengin  $L^*$  değerlerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun pişirme sırasında meydana gelen karamelizasyon ve Maillard reaksiyonu gibi kimyasal reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol örneklerinin iç renklerinin  $a^*$  değerlerinin en düşük ( $3.75 \pm 0.15$ ) ve üzüm çekirdeği yağı ile hazırlanan örneklerin  $a^*$  değerlerinin ise en yüksek

( $7.53 \pm 0.20$ ) olduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeği ve kuşburnu çekirdeği yağı ile üretilen kekler dışındaki diğer kek örneklerinin iç renklerinin  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Örneklerin kabuk renkleri değerlendirildiğinde ayçiçek yağı kullanılarak üretilenlerin kabuk renklerinin kırmızılık-yeşillik değerlerinin en düşük ( $16.04 \pm 0.56$ ) olduğu belirlenmiştir. İncir çekirdeği ve üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kek örneklerinin  $a^*$  değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Meyve çekirdeği yağı kullanımının kek örneklerinin kabuk renklerinin  $a^*$  değerlerinde artışa neden olduğu görülmektedir. Farklı meyve çekirdeği yağları kullanılarak üretilen keklerin iç renklerinin  $b^*$  değerleri  $29.73 \pm 0.47$  ile  $37.20 \pm 0.48$  arasında değişirken kabuk renkleri için bu değerler  $25.76 \pm 1.15$  ile  $39.56 \pm 1.98$  arasında bulunmuştur. Farklı meyve çekirdeği yağları kullanımının keklerin iç ve kabuk renklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ). Çalışma sonuçlarına paralel olarak, Seçen (2016) tarafından yapılan ve kek üretiminde ayçiçek yağı yerine kabak çekirdeği yağının kullanıldığı bir çalışmada, kabak çekirdeği yağı kullanımının örneklerin kabuk renklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

**Tablo 3.** Farklı meyve çekirdeği yağları kullanılarak hazırlanan keklerin iç ve kabuk rengi değerleri (n=3)

Örnekler	İç Renk			Kabuk Rengi		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Ayçiçek yağı ile üretilen kek (Kontrol)	$57.05 \pm 0.99^B$	$3.75 \pm 0.15^A$	$30.78 \pm 0.15^A$	$25.18 \pm 1.37^A$	$16.04 \pm 0.56^A$	$25.76 \pm 1.15^A$
Kayısı çekirdeği yağı ile üretilen kek	$53.91 \pm 0.41^A$	$5.53 \pm 0.10^C$	$34.05 \pm 0.47^C$	$25.33 \pm 0.27^A$	$18.28 \pm 0.11^C$	$29.69 \pm 0.63^B$
İncir çekirdeği yağı ile üretilen kek	$53.56 \pm 1.57^A$	$4.61 \pm 0.46^B$	$29.73 \pm 0.47^A$	$33.75 \pm 2.98^B$	$16.36 \pm 1.51^{AB}$	$32.59 \pm 2.63^B$
Nar çekirdeği yağı ile üretilen kek	$54.98 \pm 0.66^A$	$4.38 \pm 0.07^B$	$30.25 \pm 0.85^A$	$37.94 \pm 2.01^C$	$16.77 \pm 0.87^{AB}$	$36.61 \pm 2.39^{CD}$
Üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kek	$53.69 \pm 1.00^A$	$7.53 \pm 0.20^D$	$37.20 \pm 0.48^D$	$38.32 \pm 0.61^C$	$16.38 \pm 0.98^A$	$39.56 \pm 1.98^D$
Kuşburnu çekirdeği yağı ile üretilen kek	$53.93 \pm 0.97^A$	$3.97 \pm 0.16^A$	$31.61 \pm 0.46^B$	$33.73 \pm 0.24^B$	$17.96 \pm 0.30^B$	$37.68 \pm 0.38^C$

<sup>A-D</sup> Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ( $p < 0.05$ )

Meyve çekirdeği yağı içeren keklerin ağırlık kaybı, pişme verimi, simetri, tekdüzelik ve hacim indeksi değerleri Tablo 4’te verilmiştir. Ağırlık kaybı kekin kalitesini gösteren önemli bir parametredir ve pişme esnasında oluşabilecek büyük hava kanalları nedeniyle oluşmaktadır. Keklerin ağırlık kaybı değerleri %14.30 ile %16.66 arasında değişmektedir. Benzer bir şekilde farklı seviyelerde çiğ ve kavrulmuş kabak çekirdeği yağları kullanılarak üretilen keklerin pişme kaybının %12 ile %16 arasında değiştiği gözlenmiştir (Seçen, 2016). Ayçiçek yağına ikame olarak farklı meyve çekirdeği yağlarının kullanılmasıyla genel olarak keklerin ağırlık kaybı değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Benzer şekilde Abdel-Razik ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada farklı oranlarda mango çekirdeği yağı içeren kek örneklerinin ağırlık kaybının (9.59-11.07g) kontrole kıyasla daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışkan Koç ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada farklı oranlarda ıspanak tozu içeren kekler üretmişler (%0-8) ve kontrol kekinin ağırlık kaybının diğer keklerle kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun nedeninin kontrol kek hamurunun yüksek nem içeriğinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ancak yapılan çalışmada, en düşük nem içeriği kontrol kekinde gözlenmiş olsa da en yüksek ağırlık kaybı da kontrol kekinde gözlenmiştir. Keklerin pişme verimleri %83.39’un üzerinde bulunmuş olup pişme verimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Keklerin üst kısımlarının yüzey profillerini belirlemek amacıyla simetri indeksi kullanılmaktadır (Dizlek ve ark., 2008). Tüm keklerin simetri indeksi değerlerinin pozitif ölçekte olduğu bulunmuştur, bu da keklerin esas olarak orta kısımlarından (merkezden) yükseldiğini göstermektedir. Kayısı ve üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kekler hariç diğer keklerin simetri indeksi değerleri kontrole kıyasla daha düşük bulunmuştur. Benzer bir şekilde ayçiçek yağına alternatif olarak kabak çekirdeği yağı kullanılarak

üretilen keklerin simetri indeksi değerleri kontrole kıyasla daha düşük bulunmuştur (Seçen, 2016). Keklerin merkezine eşit uzaklıktaki iki ayrı noktadan alınan yükseklik ölçümünün (tekdüzelik indeksi=0) birbirine eşit olması beklenmektedir (Dizlek ve ark., 2008). Ancak, keklerin yanal olarak simetrisini gösteren tekdüzelik değerleri 0.00 mm ile 0.15 mm arasında değişmektedir. Üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kekler hariç diğer keklerin tekdüzelik indeksi değerleri 0’dan farklı bulunmuştur. Bu durum keklerin yanal olarak simetrik olmadığını göstermektedir. Keklerin hacim indeksi değerleri ise 77.50 mm ile 91.05mm arasında değişmektedir. Meyve çekirdeği yağı kullanılarak üretilen keklerin hacim indeksi değerleri kontrol örneğine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Farklı oranlarda mango çekirdeği yağı içeren kek örneklerinin hacim (94.00-105.67cm<sup>3</sup>) ve spesifik hacim (1.89-2.11 cm<sup>3</sup>/g) değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Abdel-Razik et al., 2012). Ayçiçek, soya, pirinç, kanola ve pamuk yağları kullanılarak üretilen kek örneklerinin spesifik hacim değerleri sırasıyla 48, 50, 42, 45 ve 45 ml/g olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar hacimler arasındaki farkın kek hamurlarının viskoelastik özelliklerinden ve yağların çoklu doymamış yağ asidi içeriğinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir (Kaur et al., 2019). Yapılan çalışmada da kek hamurlarının viskoelastik özellikleri ve kullanılan meyve çekirdeği yağlarının çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin farklı hacim indeksi değerlerinin gözlenmesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Tüketiciler tarafından yüksek hacimli, simetrik ve tekdüze kekler tercih edilmektedir. Bu kapsamda en yüksek hacim ve simetri indeksi değerleri sırasıyla incir çekirdeği yağı ve kayısı çekirdeği yağı ile üretilen keklerden elde edilirken, üzüm çekirdeği içeren kekin tekdüzelik açısından istenen değere (0) sahip olduğu gözlenmiştir.



**Tablo 4.** Ağırlık kaybı, pişme verimi, simetri, tekdüzellik ve hacim indeksi değerleri (n=3)

Örnekler	Analizler				
	Ağırlık Kaybı (%)	Pişme Verimi (%)	Simetri İndeksi (mm)	Tekdüzelik İndeksi (mm)	Hacim İndeksi (mm)
<i>Ayçiçek yağı ile üretilen kek (Kontrol)</i>	16.61±0.29 <sup>B</sup>	83.39±1.29 <sup>A</sup>	12.50±0.70 <sup>C</sup>	0.25±0.03 <sup>E</sup>	77.50±0.70 <sup>A</sup>
<i>Kayısı çekirdeği yağı ile üretilen kek</i>	14.30±0.98 <sup>A</sup>	85.70±0.87 <sup>A</sup>	18.50±0.77 <sup>D</sup>	0.05±0.00 <sup>B</sup>	79.00±1.49 <sup>B</sup>
<i>İncir çekirdeği yağı ile üretilen kek</i>	15.89±0.36 <sup>AB</sup>	84.11±2.52 <sup>A</sup>	8.00±0.00 <sup>A</sup>	0.10±0.01 <sup>C</sup>	91.05±0.00 <sup>E</sup>
<i>Nar çekirdeği yağı ile üretilen kek</i>	15.92±0.85 <sup>AB</sup>	84.07±1.25 <sup>A</sup>	9.50±1.20 <sup>AB</sup>	0.15±0.01 <sup>D</sup>	85.05±0.00 <sup>D</sup>
<i>Üzüm çekirdeği yağı ile üretilen kek</i>	16.66±0.52 <sup>B</sup>	83.34±2.10 <sup>A</sup>	17.00±1.44 <sup>D</sup>	0.00±0.00 <sup>A</sup>	82.10±1.45 <sup>C</sup>
<i>Kuşburnu çekirdeği yağı ile üretilen kek</i>	16.10±0.63 <sup>B</sup>	83.90±2.03 <sup>A</sup>	10.00±1.44 <sup>B</sup>	0.10±0.00 <sup>C</sup>	80.50±1.42 <sup>C</sup>

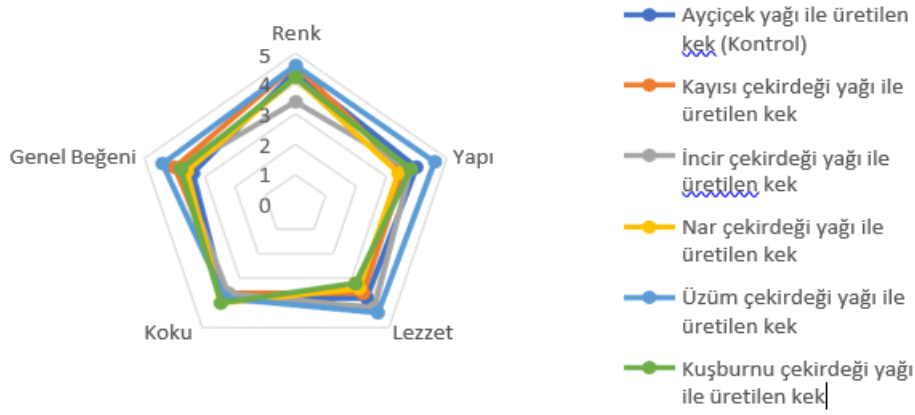
<sup>A-E</sup> Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ( $p<0.05$ ).

### Duyusal Analiz Sonuçları

Farklı meyve çekirdeği yağları içeren kekler için duyusal analiz sonuçları Şekil 1.'de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde, panelistler tarafından tüm keklerin beğenildiği sonucuna varılabilir. Keklerin renk değerleri incelendiğinde, en çok tercih edilen örneklerin kayısı çekirdeği yağı ve üzüm çekirdeği yağı ile hazırlanmış kek örneklerinin olduğu görülmüştür. İstatistiksel olarak en düşük beğeni puanı incir çekirdeği yağı ile hazırlanmış keklerde gözlenirken ( $p<0.05$ ), diğer keklerin renk puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ( $p>0.05$ ). Ayçiçek yağına alternatif olarak farklı meyve çekirdeği yağı kullanılarak hazırlanan keklerin sertlik bakımında panelistler tarafından tercih edilebilirliğini belirlemek amacıyla panelistlerin keklerin yapılarına ilişkin puanları incelenmiş ve yapı bakımından en çok tercih edilen kekin üzüm çekirdeği yağı kullanılarak hazırlanmış kek örneğinin olduğu gözlenmiştir ( $p>0.05$ ). Yapı bakımından beğeni sıralaması ise üzüm çekirdeği yağı, ayçiçek yağı, incir çekirdeği yağı, kuşburnu çekirdeği yağı, kayısı çekirdeği yağı ve nar çekirdeği yağı olarak kayda geçmiştir. Keklerde farklı meyve yağları ilavesiyle herhangi bir acı lezzet oluşumu gözlenmemiş olup, lezzet puanları açısından en fazla tercih edilen üzüm çekirdeği yağı ile hazırlanmış kekler, en az tercih edilen keklerin ise kuşburnu çekirdeği yağı ile hazırlanmış kekler olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Koku puanları 4.00±0.70 ile 3.60±0.89 arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Koku bakımından en çok beğenilen keklerin nar çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağıyla hazırlanan kekler olduğu görülmüştür. Keklerin koku puanları arasında istatistiksel olarak

anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Genel beğeni sonuçları değerlendirildiğinde, farklı meyve çekirdeği yağlarıyla hazırlanan keklerin kontrol örneğine kıyasla daha çok beğenildiği sonucuna varılmıştır. İstatistiksel olarak en yüksek genel beğeni puanı üzüm çekirdeği yağı ile hazırlanmış keklerde gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). İncir, kuşburnu ve nar çekirdeği yağları ile hazırlanan keklerin genel beğeni puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ( $p>0.05$ ). Mısırozü yağına alternatif olarak kayısı çekirdeği yağı kullanılarak kek (tatlı ve tuzlu) ve bisküvinin üretildiği bir çalışmada duyusal analiz sonuçlarına göre örneklerin renk, tat ve dokuları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Ayrıca kayısı çekirdeği yağının ürünlerde istenmeyen renk ve tat oluşumuna neden olmadığı ve kayısı çekirdeği yağının diğer yemeklik yağlara alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Abd El-Aal ve ark., 1986).

Farklı oranlarda mango çekirdeği yağı ilavesinin (%0, 25 ve 50) kek örneklerinin duyusal analiz sonuçları üzerine etkisinin anlamsız olduğu ( $p>0.05$ ), ancak ayçiçek yağı yerine mango çekirdeği yağı kullanımının duyusal analiz sonuçlarını istatistiksel olarak anlamlı ölçüde düşürdüğü belirtilmiştir. En çok beğenilen kek örneklerinin %50 oranında mango çekirdeği yağı içeren kekler olduğu gözlenmiştir (Abdel-Razik ve ark., 2012).



Şekil 1. Farklı meyve çekirdeği yağları içeren keklere ait duyusal analiz sonuçları

## SONUÇLAR

Sonuç olarak, gıda endüstrisinde önemli bir atık olan meyve çekirdeklerinin değerlendirilmesiyle üretilen meyve yağlarının kek ve kek ürünlerinde kullanılabilir olduğu ve panelistler tarafından bu lezzetlerin kabul edildiği gözlenmiştir. Ayçiçek yağı yerine meyve çekirdeği yağı kullanılmasıyla keklerin nem, protein ve yağ içeriklerinin, kabuk renklerinin ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), pişme verimlerinin ve hacim indekslerinin genel olarak arttığı gözlenmiştir. Farklı meyve çekirdeği yağlarıyla üretilen keklerin ağırlık kaybı değerlerinin kontrol örneğine kıyasla genelde daha düşük olduğu gözlenmiştir. Keklerin yapısal özellikleri incelendiğinde keklerin beklenen konveks şekle sahip olduğu (simetri indeksi) ancak yan olarak eşit yükseklikte kabarmadığı (tekdüzelik indeksi) gözlenmiştir. Farklı meyve çekirdeği yağlarıyla hazırlanan keklerin kontrol örneğine kıyasla daha çok beğenildiği, en çok beğenilen kekin ise üzüm çekirdeği yağı ile hazırlanan kek olduğu sonucuna varılmıştır ( $p < 0.05$ ). Farklı meyve çekirdeği yağı içeren hamurların viskoelastik özellikleri ve keklerin yağ asidi kompozisyonu ve antioksidan aktivitesi ileriki çalışmalar kapsamında incelenebilir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**ARAŞTIRMA ve YAYINLAMA ETİK BEYANI**  
Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Method 10-91. 10th ed. American Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
- Abd El-Aal, M. H., Khalil, M. K. M. and Rahma, E. H. (1986). Apricot kernel oil: Characterization, chemical composition and utilization in some baked products. Food Chemistry, 19(4), 287–298. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146\(86\)90052-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90052-X)
- Abdel-Razik M.M., Ashoush I.S. and Nessrien, M.N. Yassin (2012). Characteristics of Mango Seed Kernel Butter and its Effects on Quality Attributes of Muffins. Alex. J. Fd. Sci. & Technol,9(2), 1-9.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis 15th Edition Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- AOAC (2000) Official A.O.A.C. Methods of analysis 17th Edition Total Soluble and Insoluble Dietary Fiber in Foods Enzymatic Gravimetric Method MES-TRIS Buffer. Arlington VA.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1062926



- Bhanger, M. I., Anwar, F., Memon, N. and Qadir, R. (2020). Chapter 65 - Cold pressed apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel oil. In M. F. B. T.-C. P. O. Ramadan (Ed.) (pp. 725–730). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00065-7>
- Çalışkan Koç, G., Erbakan, T., Arıcı, E. and Dirim, S.N. (2019). Sensory And Quality Attributes Of Cake Supplemented with Spinach Powder. *GIDA*. 44 (5): 907-918. doi: 10.15237/gida.GD19047
- Dadaş, B. (2018). Aydın'da İncir ve İncir Kavram Alanı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye Genç Türkologlar Çalıştayı Bildiri Kitabı. Ordu/ Türkiye.
- Demiryürek, İ. (2006). Vitis vinifera L. çekirdek yağının fitoterapide değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakognozi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye.
- Dizlek H., Özer M.S., Gül H. (2008). Keklerin Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Ölçütler, Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Erkan, A. (2013). Üzüm Çekirdeği Yağı ve/veya E Vitamini + Organik Selenyum Katkısının Etlik Piliçlerde Performans ve Oksidatif Stabilité Üzerine Etkileri. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Doktora Tezi, Aydın, Türkiye.
- Kaur, A., Singh, A., Kaur, A. and Singh, N. (2019). Chemical, thermal, rheological and FTIR studies of vegetable oils and their effect on eggless muffin characteristics. *J. Food Process Presery.*, 43: e13978. doi.org/10.1111/jfpp.13978
- Matthaus, B., Özcan, M. M. and Al Juhaimi, F. (2016). Fatty acid composition and tocopherol content of the kernel oil from apricot varieties (Hasanbey, Hacıhaliloglu, Kabaasi and Soganci) collected at different harvest times. *European Food Research and Technology*, 242(2), 221–226. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2533-8>
- Özen, M. A., (2014). Nar Çekirdek Yağının Bazı Hidrokolloidler Kullanılarak Püskürtmeli Kurutmayla Mikroenkapsülasyonu. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Antalya, Türkiye.
- Poinot, P., Arvisenet Ggrua-Priol, J. and Colas, D. (2008). Influence of formulation and process on the aromatic profile an physical characteristics of bread, *Journal of Cereal Science*, 48, 686-697.
- Priyadarshi. R., Sauraj, Kumar, B., Deeba, F., Kulshreshtha, A. and Negi, Y. S. (2018). Chitosan films incorporated with Apricot (*Prunus armeniaca*) kernel essential oil as active food packaging material. *Food Hydrocolloids*, 85, 158-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.003>
- Seçen, S.M. (2016). Kabak çekirdeği yağının kek üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir, Türkiye.
- Szentmihályi, K., Vinkler, P., Lakatos, B., Illés, V. ve Then, M. (2002). Rose hip (*Rosa canina* L.) oil obtained from waste hip seeds by different extraction methods, *Bioresource Technology*, 82 (2), 195-201.
- Tanwar, B., Modgil, R. and Goyal, A. (2019). Effect of detoxification on biological quality of wild apricot (*Prunus {armeniacaL.}*) kernel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 517-528.
- Tekgül, Y. and Baysal, T. (2019). Optimization of process conditions for vacuum microwave drying of lemon peel by response surface methodology: Quality characteristics and volatile compounds. *Journal of Food Process Engineering*, 42, e13080.
- Tenekeci, R.N. (2017). Soğuk pres yöntemiyle elde edilen incir ve kuşburnu çekirdeği yağlarının özelliklerinin incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye.
- Topkafa, M. (2016). Evaluation of chemical properties of cold pressed onion, okra, rosehip, safflower and carrot seed oils: triglyceride, fatty acid and tocol compositions, *Analytical Methods*, 8 (21), 4220-4225.
- Yeniçeri, Ş. A. and Küçüköner, E. (2020). Zivzik Narı Çekirdek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 821-826.

## A Theoretical Study of Structure and Electronic Properties of Poly ( $\epsilon$ -Caprolactone) By Density Functional Study

Seda Hekim<sup>1</sup>, Mustafa Ersin Pekdemir<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Fırat University, Faculty of Science, Department of Physics, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Fırat University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Elazığ, Türkiye

ssrhekim@gmail.com , \*ersinpkdmr58@gmail.com 

Received date:15.02.2022, Accepted date: 04.07.2022

### Abstract

The purpose of this research is to determine the structure's electrophilic and nucleophilic character by examining at local and global chemical activity factors. The electronic behavior of Poly ( $\epsilon$ -caprolactone) was investigated by theoretical quantum chemical computation for this purpose. Natural Bonding Orbital (NBO) analysis is a powerful technique for studying stabilization energy  $E^{(2)}$ , conjugated interactions, and charge transfer in quantum chemistry molecular systems. Furthermore, dipole moment, polarizability, and hyper polarizability characteristics were used to determine the structure's nonlinear optics (Nonlinear Optical, NLO) features. All the theoretical calculations of molecular structure were calculated via the Density Functional Theory (DFT) method in the B3LYP level and STO-3G basis set.

**Keywords:** Poly ( $\epsilon$ -caprolactone), DFT, NLO, NBO, hardness and softness

## Poli ( $\epsilon$ -Kapolakton)' un Yapısı ve Elektronik Özelliklerinin Yoğunluk Fonksiyonel Yöntemiyle Teorik Bir Çalışması

### Öz

Bu araştırmanın amacı, lokal ve global kimyasal aktivite faktörlerini inceleyerek yapının elektrofilik ve nükleofilik karakterini belirlemektir. Poli ( $\epsilon$ -kaprolakton)' un elektronik davranışı, bu amaçla teorik kuantum kimyasal hesaplama ile araştırıldı. Natural Bonding Orbital (NBO) analizi, kuantum kimyası moleküler sistemlerinde yük transferi, konjuge etkileşimler ve stabilizasyon enerjisini  $E^{(2)}$ , incelemek için güçlü bir tekniktir. Ayrıca yapının doğrusal olmayan optik (Doğrusal Olmayan Optik, NLO) özelliklerini belirlemek için dipol moment, polarize edilebilirlik ve hiperpolarize edilebilirlik özellikleri kullanılmıştır. Moleküler yapının tüm teorik hesaplamaları, B3LYP seviyesinde ve STO-3G baz setinde Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT) yöntemi ile hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Poli ( $\epsilon$ -kaprolakton), DFT, NLO, NBO, sertlik ve yumuşaklık

### INTRODUCTION

Shape memory polymers have become very interesting in recent years (Huang et al., 2005). Shape memory polymers, known as smart polymers, are polymers that can recover after being deformed by external factors such as heat, light, humidity, pH (Koerner et al., 2004; Lendlein and Kelch, 2002). The most well-known smart polymers are poly  $\epsilon$ -caprolactone (PCL) and poly lactic acid (PLA) (Jia et al., 2008; Pekdemir, 2021). PCL is an aliphatic polyester with semi-crystalline properties (Pekdemir et al., 2021). PCL is biocompatible, biodegradable and non-toxic to

living organisms, which has important applications such as drug release, tissue engineering (Jenkins et al., 1996; Peeters et al., 2005).

The computational chemistry methods establish a connection between theoretical and experimental data by using mathematical data. The physical and chemical properties of molecules are known to be connected to their geometry structure. The chemical activity of molecules can be determined using optimized structures derived from theoretical studies and electronic structure descriptors of optimized structures. In

computational chemistry investigations, ab-initio methods, which are a type of quantum mechanical method, were favored. The density function theory, which takes intramolecular electron-electron interactions into account in the ab-initio approach is one of the most preferred methods used in calculating the reactivity of molecules (Hohenberg and Kohn, 1964; Kohn, 1996).

In terms of the scope of our study, theoretical calculations were done to look at molecular and chemical characteristics of synthesized poly ( $\epsilon$ -caprolactone) (PCL) compound that could not be achieved through experimental methods. All theoretical studies were calculated by using DFT methods with Becke's three-parameter change function, and Lee-Yang-Parr non-local correlation function (B3LYP) (Becke, 1992; Reed, 1997) combined with a standard STO-3G basis set. Natural bond orbital (NBO) analysis was used to compute the redistribution of electron density (ED) in various bonding and antibonding orbitals, as well as  $E^{(2)}$  energies, to show that stabilization occurs as a result of the hyper conjugation of numerous intramolecular contacts. The frontier molecular orbitals HOMO and LUMO were used to explain information relating to ionization potential, electron affinity, energy gap, electronegativity, electrophilicity index, hardness, and softness (Orbitals, 1976; Parr and Pearson, 1983; Pearson, 1986). The non-linear optical characteristics (NLO) and some thermodynamics properties were also calculated and interpreted theoretically.

## COMPUTATIONAL METHODS

All quantum chemical calculations in this study, have been performed with the Gaussian 09

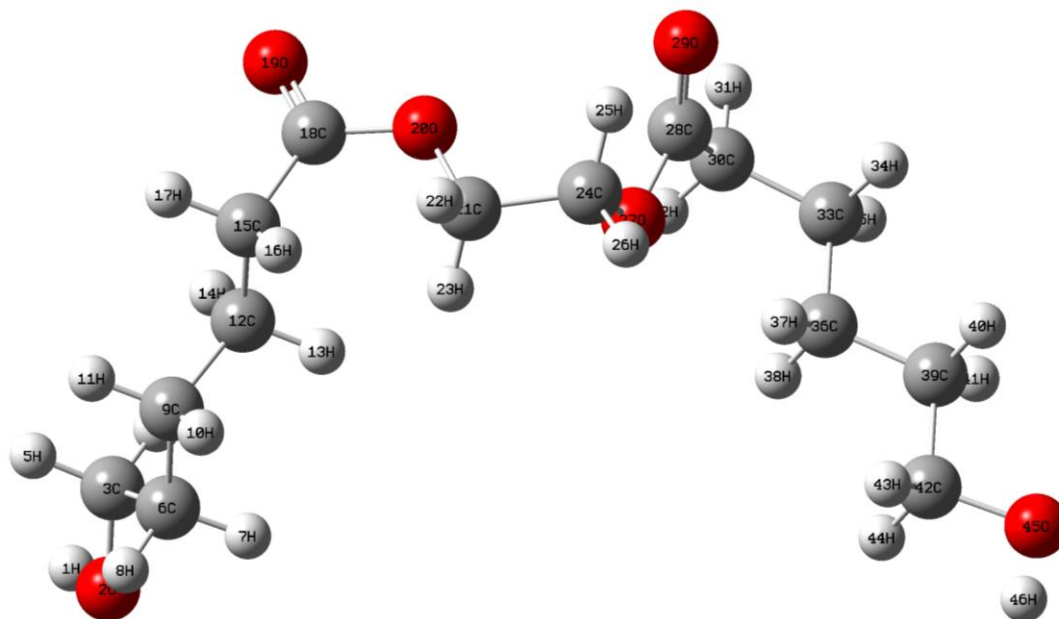
(Frisch et al., 2009) package. First, the ground state and gas-phase optimization of the examined molecule was made with DFT using B3LYP and STO-3G basis set. Then, non-linear optical characteristics (NLO) such as polarizability, hyper polarizability, and thermodynamic parameters were calculated. and also Natural bond orbital (NBO) calculations involved in determining the reactive regions of the molecule were investigated. The results of the acquired calculations were determined and reported.

## RESULTS AND DISCUSSION

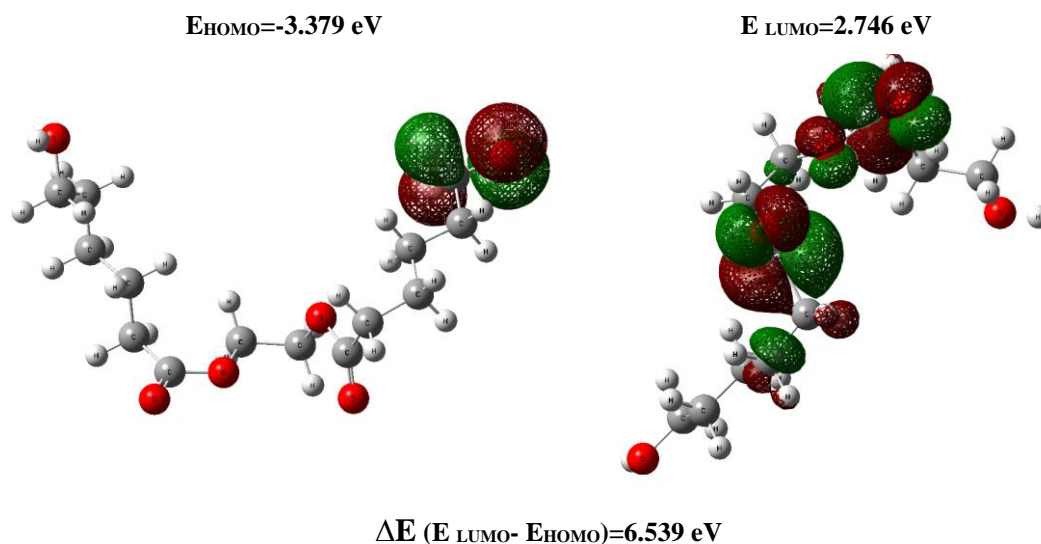
### Optimized Molecular Structure

Ground -state structure of PCL was optimized with the DFT/B3LYP/STO-3G method in gas phase. The optimized geometry is shown in Figure 1. PCL is owned by C1 point group symmetry.

Fundamental orbitals that participate in chemical reactions are called frontier molecular orbitals (HOMO and LUMO). (Martínez, 2009; Orbitals, 1976). A molecule's ability to donate electrons is called its electron-donor capacity and is described by its highest occupied molecular orbital energy ( $E_{\text{HOMO}}$ ), whereas the molecule's ability to receive electrons is defined by its lowest unoccupied molecular orbital energy ( $E_{\text{LUMO}}$ ). The difference between these energies ( $\Delta E$ ) is used to determine the chemical reactivity of the molecule. Whether the  $\Delta E$  value is numerically large or small has a big impact on the reaction mechanism and reaction conditions.



**Figure 1.** Optimized molecular structure and the atom numbering scheme for the PCL



**Figure 2.**  $E_{\text{HOMO}}$  (eV),  $E_{\text{LUMO}}$  (eV),  $\Delta E$  (eV) of PCL with B3LYP/STO-3G method in the gas phase

The  $E_{\text{HOMO}}$ ,  $E_{\text{LUMO}}$ ,  $\Delta E$  ( $E_{\text{LUMO}} - E_{\text{HOMO}}$ ) energies calculated and are shown in Figure 2. As seen in Figure 2, the PCL molecule has a large energy range ( $\Delta E = 6.539 \text{ eV}$ ). This shows that the conjugation probability of the molecule is less and

it can be excited at higher energies. Moreover, the structure's high energy range indicates that it is quite stable and has limited chemical activity (Adiguzel et al., 2020; Al-khaykanee and Aboud, 2013; Babu and Kumar).

### Nonlinear optical properties (NLO)

Quantum-chemical calculations have helped to clarify the electronic polarization that underpins molecular NLO activities and to develop structure-property connections (Demircioğlu et al., 2015). Nonlinear optical (NLO) features of the molecule include total static dipole moment, mean polarizability, anisotropy of polarizability, and first order hyper polarizability. The response of a system in an applied electric field is defined by its polarizabilities and hyper polarizabilities. One of the most important factors in structural chemistry is the dipole moment, which may be used as a descriptor to detect charge transport inside the molecule (Daraam et al., 2015; Evecen and Tanak, 2017; Novir, 2017). The total dipole moment can be determined using the equation below:

$$\mu = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2} \quad (1)$$

here  $\mu_x, \mu_y, \mu_z$  are the vector components of the dipole moment. The mean polarizability ( $\alpha$ ), the anisotropy of polarizability ( $\Delta\alpha$ ), and the total first order hyper polarizability ( $\beta$ ), are computed by the following formulas:

$$\alpha = \frac{1}{3}(\alpha_{xx} + \alpha_{yy} + \alpha_{zz}) \quad (2)$$

$$\Delta\alpha = \left[ \frac{(\alpha_{xx} - \alpha_{yy})^2 + (\alpha_{xx} - \alpha_{zz})^2 + (\alpha_{yy} - \alpha_{zz})^2}{2} \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$\beta = \left[ (\beta_{xxx} + \beta_{yyy} + \beta_{zzz})^2 + (\beta_{yyy} + \beta_{zzz} + \beta_{xxx})^2 + (\beta_{zzz} + \beta_{xxx} + \beta_{yyy})^2 \right] \quad (4)$$

where  $\alpha_{xx}, \alpha_{yy}, \alpha_{zz}$  are tensor components of polarizability, and  $\beta_{xxx}, \beta_{yyy}, \beta_{zzz}, \beta_{xyy}, \beta_{yxx}, \beta_{yyx}, \beta_{zxx}, \beta_{xzz}, \beta_{zxy}, \beta_{xzy}, \beta_{zyx}, \beta_{zxx}, \beta_{zxy}, \beta_{zyx}$  are tensor components of hyper polarizability, which can be found via a frequency calculation output in Gaussian (Novir, 2017).

To take into account the relationship between NLO characteristics, energy gap, and chemical reactivity descriptors as electronegativity, chemical hardness, softness, chemical potential, and electrophilicity index, relevant calculations

were made using Koopmans's theorem (Koopmans, 1934; Parr and Pearson, 1983; Pearson, 1986) and presented in the Table 1 and Table 2. The structure has a high energy range ( $\Delta E$ , in Figure 1), high hardness, and low softness characteristics, according to the results. Intramolecular charge transfer is minimal in molecules with a high chemical hardness. Moreover, the softness is correlated with polarizability and is described as the soft molecules have high polarizability and the hard molecules have low polarizability (Al-khaykanee and Aboud, 2013). As seen in the tables, the PCL molecule has low polarizability and high chemical hardness.

### Thermodynamic properties

Table 3 shows the thermodynamic parameters of the PCL, which include total thermal energy (E), zero-point vibrational energy (ZPE), heat capacity (C), and entropy (S), which were calculated using frequency calculations at temperatures ranging from 100 to 500 K. Figure 3 depicts the correlation between total thermal energy, heat capacity, entropy and enthalpy changes, and temperature, as well as the quadratic formula-fitted correlation equations and the accompanying fitting factors ( $R^2$ ). The results show that, with the exception of the zero-point energy, all of these thermodynamic characteristics increase as the temperature rises. Because the intensity of molecular vibrations increases as the temperature rises (Tanış et al., 2018). However, the temperature has no effect on the zero-point vibrational energy.

**Table 1.** The calculated dipole moments (Debye), polarizability components (a.u.) and hyper polarizability components (a.u.).

Dipole moments		Polarizability ( $\alpha$ )		Hyperpolarizability ( $\beta$ )	
$\mu_x$	-1.462 a.u.	$\alpha_{xx}$	-120.273 a.u.	$\beta_{xxx}$	-160.089 a.u.
$\mu_y$	2.258 a.u.	$\alpha_{yy}$	-129.425 a.u.	$\beta_{xyy}$	51.424 a.u.
$\mu_z$	-1.928 a.u.	$\alpha_{zz}$	-102.883 a.u.	$\beta_{xzz}$	-3.197 a.u.
$\mu_t$	<b>3.309 Debye</b>	$\alpha_t$	-117,527	$\beta_{yyy}$	35.336 a.u.
		$\alpha_t$	<b>-0.174x10<sup>-22</sup> esu</b>	$\beta_{yzz}$	11.681 a.u.
				$\beta_{yxx}$	-21.771 a.u.
				$\beta_{zzz}$	6.497 a.u.
				$\beta_{zxx}$	24.812 a.u.
				$\beta_{zyy}$	-27.132 a.u.
				$B_{tt}$	114.752
				$B_{tt}$	<b>0.991x10<sup>-30</sup> esu</b>

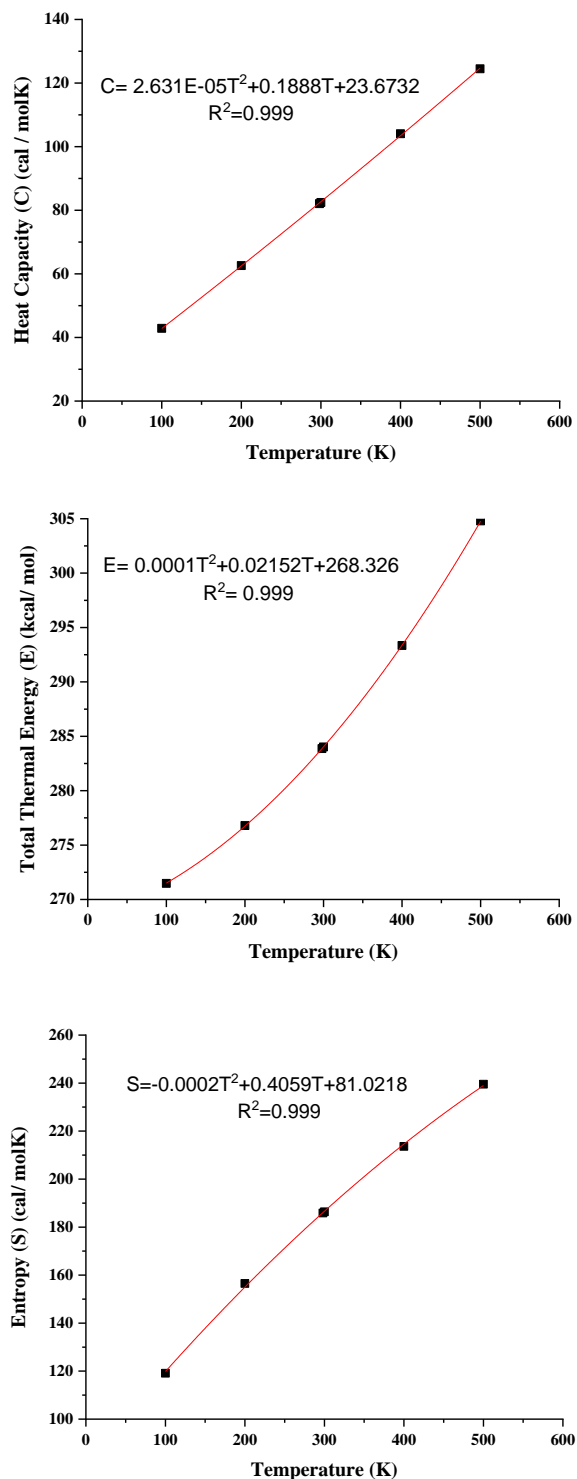
**Table 2.** Chemical Reactivity Descriptions

Parameters	eV
Chemical hardness ( $\eta$ )	3.269
Chemical softness (s)	0.152
Electrophilic index (w)	0.0419
Chemical potential ( $\mu$ )	-0.524
Electronegativity ( $\chi$ )	0.524

**Table 3.** Thermodynamic properties at different temperatures of PCL at the B3LYP/STO-3G level in gas phase.

Temperature (K)	Zero point energy (kcal mol <sup>-1</sup> )	Total thermal energy (E) (kcal mol <sup>-1</sup> )	Heat Capacity (C) (cal mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	Entropy (S) (cal mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
100	268.693	271.483	42.874	119.125
200	268.693	276.793	62.583	156.533
298.15	268.693	283.869	82.050	185.851
300	268.693	284.021	82.443	186.372
400	268.693	293.345	104.069	213.618
500	268.693	304.791	124.461	239.518





**Figure 3.** Correlation graphic of thermodynamic properties and temperature for PCL

### Natural Bond Orbital Analysis (NBO)

Nature Bond Orbital (NBO) analysis is a useful tool for examining intermolecular bonding and interaction, as well as charge transfer and conjugative interactions in molecular systems (Weinhold and Landis, 2001). In the NBO basis, the second-order Fock-matrix was used to examine various forms of donor-acceptor interactions and their stabilization energies (Kaur et al., 2012). The stabilization energy  $E^{(2)}$  obtained via second-order perturbation theory analysis of the Fock-matrix in NBO can be used to quantify the donor-acceptor interaction. The interaction between donor and acceptor orbitals rises as the stabilization energy increases.

The stabilization energy  $E^{(2)}$  associated with electron delocalization between donor and acceptor is approximated for each donor NBO (i) and acceptor NBO (j) as

$$E^{(2)} = \Delta E_{ij} = q_i \frac{F_{i,j}^2}{\epsilon_j - \epsilon_i} \quad (5)$$

where  $q_i$  is the donor-orbital occupancy,  $\epsilon_j$  and  $\epsilon_i$  are diagonal elements orbital energies and  $F(i,j)$  is the Fock matrix element between the natural bonding orbitals. For the title molecule, NBO analysis was performed at the DFT/B3LYP/STO-3G level to determine the interaction between the filled (i) and unoccupied (j) orbitals with the goal of delocalization and rehybridization of intramolecular electron density. A stabilized donor-acceptor interaction is related to electron delocalization between filled Lewis-type NBO orbitals and unoccupied non-Lewis NBO orbitals. The extent of conjugation of the whole system, the possible intensive interaction values are given in Table 4.

**Table 4.** NBO analysis values of PCL

Donor (i)	ED /e	Acceptor (j)	ED /e	E <sup>(2)</sup> Kcal /mol	E(j)-E(i) a.u.	F(i,j) a.u.
$\sigma$ ( H1-O2)	1.98764	$\sigma^*$ ( C3-C6)	0.02248	2.92	0.93	0.047
$\sigma$ (C12-C15)	1.97597	$\pi^*$ (C 18-O19)	0.21069	3.69	0.56	0.043
$\sigma$ (C15- C18)	1.96982	$\sigma^*$ (C18- O19)	0.02729	2.94	1.08	0.050
$\sigma$ (C15 - C18)	1.96982	$\sigma^*$ (C18- O20)	0.14584	6.41	0.82	0.067
$\sigma$ (C18 - O20)	1.97091	$\sigma^*$ (C15-C18)	0.09405	3.16	0.96	0.050
$\sigma$ (C18 - O20)	1.97091	$\sigma^*$ (C18 - O19)	0.02729	3.44	1.17	0.057
$\sigma$ (O 20 - C21)	1.97893	$\sigma^*$ (C18 - O19)	0.02729	2.85	1.14	0.051
$\sigma$ (O20 - C21)	1.97893	$\sigma^*$ ( C 18 - O20)	0.14584	2.04	0.89	0.039
$\sigma$ ( C21 - H22)	1.98569	$\sigma^*$ ( O20 - C21)	0.03369	2.10	0.78	0.036
$\sigma$ (C21 - H22)	1.98569	$\sigma^*$ (C24 - O27)	0.03130	2.53	0.78	0.040
$\sigma$ (C21- H23)	1.98840	$\sigma^*$ (O20-C21)	0.03369	2.20	0.78	0.037
$\sigma$ (C24 -H25)	1.98914	$\sigma^*$ (C24 - O27)	0.03130	2.28	0.77	0.037
$\sigma$ (C24 - H26)	1.98706	$\sigma^*$ (O20 - C21)	0.03369	2.32	0.77	0.038
$\sigma$ (C24 - O27)	1.97948	$\sigma^*$ (C28 - O29)	0.02637	2.94	1.13	0.052
$\sigma$ (O27 - C28)	1.97500	$\sigma^*$ (C28 - O29)	0.02637	2.88	1.17	0.052
$\sigma$ (O27 - C28)	1.97500	$\sigma^*$ (C28 - C30)	0.07952	3.20	0.97	0.050
$\sigma$ (C28 - O29)	1.98862	$\sigma^*$ (O27 - C28)	0.15041	3.90	1.08	0.060
$\sigma$ (C28 - C30)	1.97429	$\sigma^*$ (O27 - C28)	0.15041	2.87	0.83	0.045
$\sigma$ (C28 - C30)	1.97429	$\sigma^*$ ( C28 - O29)	0.02637	3.02	1.08	0.051
$\sigma$ (C30 - C33)	1.97517	$\pi^*$ (C28 – O29)	0.22670	4.11	0.54	0.044
$\sigma$ (O45 - H46)	1.98759	$\sigma^*$ (C39 - C42)	0.02194	2.94	0.93	0.047
$\sigma^*$ (C18 - O20)	0.14584	$\sigma^*$ (C15 - C18)	0.09405	7.07	0.04	0.041

Highest stabilization energy values were observed at transitions  $\sigma$ (C15 - C18)  $\rightarrow$   $\sigma^*$ (C18- O20),  $\sigma$ (C30 - C33)  $\rightarrow$   $\pi^*$ (C28 – O29),  $\sigma^*$ (C18 - O20)  $\rightarrow$   $\sigma^*$ (C15 - C18) and at 6.41, 4.11, and 7.07 kcal/mol values, respectively.

## CONCLUSIONS

In this study, the geometry structure, electronic properties, nonlinear optical properties, thermodynamic properties, natural bond orbital analysis of the synthesized PCL compound were investigated. The frontier molecular orbital energy levels and the energy difference between these levels were determined and show that the PCL is more stable structure with a high energy difference. Due to the large HOMO-LUMO molecular energy difference, the polarizability value is also quite small. Furthermore, chemical

hardness and polarizabilities values of the molecule have been found to have an inverse relationship. The thermodynamic parameters such as total thermal energy, heat capacity, and entropy of the title molecule are increasing with enhancing temperature. The NBO analysis revealed that the  $\sigma^*$ (C18 - O20)  $\rightarrow$   $\sigma^*$ (C15 - C18) interaction gives the strongest stabilization to the system around at 7.07 kcal/mol.

### CONFLICT OF INTEREST

The Authors report no conflict of interest relevant to this article.

### RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

### REFERENCES

- Adiguzel, R., Aktan, E., Evren, E. and Çetin, A., 2020. A Computational Study on Some Pyridine-Substituted-Bis-1, 2, 4-Triazole Derivatives and Investigation of Their Catalytic Activities. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 6 (2): 200-207.
- Al-khaykane, M.K. and Aboud, H.I., 2013. Study of the electronic properties for di-amino naphthalene: B3LYP density functional theory calculations. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 15 (1): 1.
- Babu, N.S. and Kumar, P.P., Computational Studies and Multivariate Analysis of Global and Local Reactivity Descriptors of Five Membered Heterocycles Molecules by Density Functional Theory (DFT).
- Becke, A.D., 1992. Density-functional thermochemistry. II. The effect of the Perdew–Wang generalized-gradient correlation correction. *The Journal of chemical physics*, 97 (12): 9173-9177.
- Daraam, B., Hassan, F. and Shwya, A., 2015. Density Functional Theory Investigation for H<sup>+</sup> sub 2<sup>+</sup>-Silver Interactions. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 29 (2): 73.
- Demircioğlu, Z. and Kaştaş, Ç.A., Büyükgüngör, O., 2015. The spectroscopic (FT-IR, UV–vis), Fukui function, NLO, NBO, NPA and tautomerism effect analysis of (E)-2-[(2-hydroxy-6-methoxybenzylidene) amino] benzonitrile. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 139 539-548.
- Evenen, M. and Tanak, H., 2017. DFT quantum chemical studies of (E)-4-Bromo-N-(2-chlorobenzylidene)-aniline. *Applied Physics A*, 123 (1): 1-6.
- Frisch, M., Trucks, G., Schlegel, H., Scuseria, G., Robb, M., Cheeseman, J. and Petersson, G., 2009. Farkas, JB Foresman, JV Ortiz, J. Cioslowski and DJ Fox. *Gaussian 09 Revision A*, 1.
- Hohenberg, P., Kohn, W., 1964. Density functional theory (DFT). *Phys. Rev.* 136 B864.
- Huang, W., Yang, B., An, L., Li, C., Chan, Y., 2005. Water-driven programmable polyurethane shape memory polymer: demonstration and mechanism. *Applied Physics Letters*, 86 (11): 114105.
- Jenkins, A., Kratochvíl, P., Stepto, R. and Suter, U., 1996. Glossary of basic terms in polymer science (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and applied chemistry*, 68 (12): 2287-2311.
- Jia, W.J., Gu, Y.C., Gou, M.L., Dai, M., Li, X.Y., Kan, B. and Qian, Z.Y., 2008. Preparation of biodegradable polycaprolactone/poly(ethylene glycol)/polycaprolactone (PCEC) nanoparticles. *Drug delivery*, 15 (7): 409-416.
- Kaur, M., Mary, Y.S., Varghese, H.T., Panicker, C.Y., Yathirajan, H., Siddegowda, M. and Van Alsenoy, C., 2012. Vibrational spectroscopic, molecular structure, first hyperpolarizability and NBO studies of 4'-methylbiphenyl-2-carbonitrile. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 98 91-99.
- Koerner, H., Price, G., Pearce and N.A., Alexander, M., Vaia, R.A., 2004. Remotely actuated polymer nanocomposites—stress-recovery of carbon-nanotube-filled thermoplastic elastomers. *Nature materials*, 3 (2): 115-120.
- Kohn, W., 1996. Density functional and density matrix method scaling linearly with the number of atoms. *Physical Review Letters*, 76 (17): 3168.
- Koopmans, T., 1934. About the assignment of wave functions and Eigen energies to the individual electrons of an atom. *Physica*, 1 (1-6): 104-133.
- Lendlein, A. and Kelch, S., 2002. Shape-memory polymers. *Angewandte Chemie International Edition*, 41 (12): 2034-2057.
- Martínez, J., 2009. Local reactivity descriptors from degenerate frontier molecular orbitals. *Chemical Physics Letters*, 478 (4-6): 310-322.
- Novir, S.B., 2017. A theoretical study of the structural and electronic properties of trans and cis structures of chlorprothixene as a nano-drug. *Current Applied Physics*, 17 (12): 1754-1764.
- Orbitals, F. (1976). *Organic Chemical Reactions: Fleming*.
- Parr, R.G. and Pearson, R.G., 1983. Absolute hardness: companion parameter to absolute electronegativity. *Journal of the American Chemical Society*, 105 (26): 7512-7516.
- Pearson, R.G., 1986. Absolute electronegativity and hardness correlated with molecular orbital

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1073578

- theory. Proceedings of the National Academy of Sciences, 83 (22): 8440-8441.
- Peeters, J.W., van Leeuwen, O., Palmans and A.R., Meijer, E., 2005. Lipase-catalyzed ring-opening polymerizations of 4-substituted  $\epsilon$ -caprolactones: mechanistic considerations. *Macromolecules*, 38 (13): 5587-5592.
- Pekdemir, M.E., 2021. Thermal properties and shape memory behavior of titanium carbide reinforced poly (vinyl chloride)/poly ( $\epsilon$ -caprolactone) blend nanocomposites. *Polymer-Plastics Technology and Materials* 1-9.
- Pekdemir, M.E., Öner, E., Kök, M. and Qader, I.N., 2021. Thermal behavior and shape memory properties of PCL blends film with PVC and PMMA polymers. *Iranian Polymer Journal*, 30 (6): 633-641.
- Reed, J.L., 1997. Electronegativity: chemical hardness I. *The Journal of Physical Chemistry A*, 101 (40): 7396-7400.
- Taniş, E., Sas, E.B., Kurban, M. and Kurt, M., 2018. The structural, electronic and spectroscopic properties of 4FPBAPE molecule: Experimental and theoretical study. *Journal of Molecular Structure*, 1154 301-318.
- Weinhold, F. and Landis, C.R., 2001. Natural bond orbitals and extensions of localized bonding concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, 2 (2): 91-104.

## Tunceli Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki Kababurun (*Chondrostoma regium*, (Heckel, 1843)) Balıklarının Et Veriminin Belirlenmesi

Gülderen Kurt Kaya<sup>1\*</sup>, Fahrettin Yüksel<sup>1</sup>, Fatih Gündüz<sup>2</sup>, Ferhat Demiroğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup>Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Elazığ, Türkiye

\*gkurtkaya@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, fahrettinyuksel@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, fatih.gunduz@tarimorman.gov.tr<sup>ID</sup>,

ferhatdemiroglu@hotmail.com<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi: 13.04.2022, Makale kabul tarihi: 09.07.2022

### Öz

Bu çalışma, Uzunçayır Baraj Gölü'nden avlanan kababurun balığı (*Chondrostoma regium*, (Heckel, 1843))'nın et verimliliğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla çalışmada, *C. regium* türüne ait yaşları I-VIII arasında dağılım gösteren 100 adet balık kullanılmış olup, et verimliliği ile farklı vücut kısımları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. İncelenen örneklerde, ortalama yüzgeç ağırlığı, omurga ağırlığı, deri ağırlığı, baş ağırlığı, iç organ ağırlığı ve tüketilebilir kısımların vücut ağırlığına göre yüzde oranları sırasıyla %1,72, %3,57, %7,50, %10,55, %9,94 ve %66,72 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda kababurun örneklerinde en yüksek tüketilebilir et oranının III. yaş grubunda (%67,91), en düşük et oranının ise I. yaş (%62,04) grubunda olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Chondrostoma regium*, kababurun, et verimi, Uzunçayır Baraj Gölü

## Determination of Flesh Productivity of Brond-snout (*Chondrostoma regium*, (Heckel, 1843)) in Tunceli Uzunçayır Dam Lake

### Abstract

This study was carried out to determine the flesh yield of brond-snout (*Chondrostoma regium*, (Heckel, 1843)) caught from Uzunçayır Dam Lake. For this purpose, 100 *C. regium* were used in the study which are between the age range of I-VIII and the relationships between flesh yields and various body organs were examined. Average fin weight, spine weight, skin weight, head weight, visceral weight and the ratios of consumed parts to body weight were determined in the samples examined, 1.72%, 3.57%, 7.50%, 10.55%, 9.94% and 66.72% respectively. At the end of the study, it was determined that the highest rate of consumable meat was in the 3rd age group (67.91%), and the lowest rate of meat was in the 1st age group (62.04%).

**Keywords:** *Chondrostoma regium*, Brond-snout, flesh yield, Uzunçayır Dam Lake

### GİRİŞ

Balık, tüm dünyada hayvansal proteinlerin çok önemli bir kaynağıdır ve beslenmemizde büyük rol üstlenen gıda maddelerinden biridir. Günümüzde nüfusta meydana gelen artış dikkate alındığında, var olan sınırlı gıda kaynaklarının kontrollü ve bilinçli kullanılmasının önemi daha da artmaktadır. Günümüz koşullarında sadece açlığın giderilmesi değil, alınan gıda maddesinin sahip olduğu besin içeriği ve buna bağlı olarak insan vücuduna sağladığı yararlar önem kazanmaktadır. Su ürünleri, temel besin öğeleri olan vitamin ve mineral kaynağı olmasının yanı sıra yüksek oranda omega-3 çoklu

doymamış yağ asidi olan; dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) içeriğine sahip önemli bir protein kaynağıdır. Kolay sindirilebilmesi, beslenme fizyolojisi bakımından uygun aminoasit, vitamin ve mineral madde içeriği gibi özelliklere sahip olması, balık etini gıda maddesi olarak değerli kılmaktadır. Bu nedenle balık eti dengeli ve sağlıklı beslenme için oldukça önemlidir ve beslenmemizde temel besin öğelerinden biri olarak kabul edilir (Sioen ve ark., 2007; Baysal ve ark., 2013; Tilamia ve Sampels, 2018). Tüketilen balık türlerinin et verimi ne kadar yüksek olursa, insanın

günlük ihtiyaç duyduğu besin öğelerini de oransal olarak aynı derecede karşılaması mümkün olacaktır. Balıklarda et verimi balığın türene, yaşına, beslenme şekline, cinsiyetine ve üreme dönemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim göstermekte olup, ortalama et veriminin % 30-60 arasında değiştiği belirtilmiştir (Çelikkale ve ark., 1977; Göğüş ve Kolsarıcı, 1992).

Cyprinidae ailesinin bir üyesi olan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) (Şekil 1) Kuzeybatı Anadolu ve Trakya hariç bütün Anadolu'da yayılım göstermektedir (Geldiay ve Balık, 1999). Türkiye'de yaygın olarak "kababurun" ismiyle bilinen bu tür hem akarsularda hem de göllerde yaşayabilmektedir. Ülkemizde özellikle Fırat, Dicle, Ceyhan, Seyhan, Göksu gibi büyük akarsularda dağılım göstermektedir. *C. regium* türü endüstriyel olarak değerlendirilmemekle birlikte bazı bölgelerde önemli bir gıda kaynağı olarak tüketilmektedir (Tellioglu ve ark., 2004; Suiçmez ve ark., 2011; Yüce ve ark., 2015).

Balıkların et verimliliği ile ilgili çeşitli çalışmalar (Özdemir, 1982; Özdemir ve Şen, 1982; Özdemir ve ark., 1985; Özdemir ve Şen, 1988; Aras ve ark., 1992; Arslan, 1992; Özdemir ve Temizer, 1992; Erkoyuncu ve ark., 1994; Duman ve Duman, 1996; Diler ve Becer, 2001; Köprücü ve Özdemir, 2003; Duman ve ark., 2003; Özcan ve Balık, 2006; Zencir ve Korkmaz, 2004; Samsun ve ark., 2006; Bozkurt ve ark., 2006; Duman ve ark., 2011; Şaşı, 2009) yapılmış olmasına rağmen söz konusu alanda yaşayan kababurun türü ile ilgili yapılan bir araştırmaya rastlanmadığından, bu çalışma türün et verimliliğinin ve çeşitli vücut kısımlarının vücut ağırlığına göre oranlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışma Alanı ve Örneklem

Çalışmanın yapıldığı Uzunçayır Baraj Gölü enerji üretmek amacıyla 1996-2003 yılları arasında inşa edilmiştir. Tunceli il sınırları içerisinde yer alan baraj gölü Munzur Nehri üzerine kurulmuştur. Araştırma, Mart 2011- Nisan 2012 tarihleri arasında Uzunçayır Baraj Gölünden 44, 56, 64, 72, 80, 100 mm ağ göz açıklığına sahip monofilament galsama ağları ile örneklenen kababurun balıkları (100 adet) üzerinde yürütülmüştür.

### Morfolojik Veriler ve Et Verimi

Elde edilen balıklar Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarına getirilmiş ve gerekli ölçümler yapılmıştır. Balıkların yaş tespitinde otolitler (Aydın ve ark, 2004) kullanılmıştır. İncelenen balık örneklerinin total, çatal ve standart boyları 1 mm hassasiyetli balık ölçüm cetveli ile tespit edilmiştir. İncelenen örneklerin karınları açıldıktan sonra iç organları alınarak terazide gerekli ölçümleri yapılmıştır. Baş ve yüzgeçleri kesilerek baş ve yüzgeç ağırlıkları belirlenmiştir. Örneklerin total vücut ağırlıkları (VA), iç organ (İÇOA), baş (BA), deri (DA), omurga (OA) ve yüzgeç ağırlıkları (YA)  $\pm 0,1$  g hassasiyetli dijital terazi ile belirlenmiştir.

Kemiksi yapılarının ağırlığını saptamak amacıyla örnekler su içerisinde 5-10 dakika süre ile kaynatılmış ve bu işlemin ardından yenilebilir kısımlardan ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kalan et parçacıklarından arındırılmış ve kurutma kağıdı ile kurutulmuş tartım yapılmıştır.

Yüzgeçler, baş, kılçık, deri ve iç organların tamamı alındıktan sonra balıkların sahip olduğu et ağırlıkları tartılmış ve bunun toplam vücut ağırlığına oranı ise, yenilebilir % et verimi (EV) olarak değerlendirilmiştir (Erkoyuncu ve ark., 1994).

$$\text{Et Verimi (\%)} = (\text{Wy/Wt}) \times 100$$

Wy: Yenebilir kısmın ağırlığı (gr)

Wt: Toplam balık ağırlığı (gr)

### İstatistiksel analiz

Çalışmadan elde edilen veriler ortalama değerleri ve standart sapma değerleri ile birlikte verilmiştir. İki den fazla değişkenli parametrik verilerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmış olup çoklu karşılaştırma testi olarak DUNCAN tercih edilmiştir. Sonuçlar %95 güven aralığında,  $p < 0,05$  önem düzeyinde değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel analizler SPSS 22.0 paket programında yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kababurun (*Chondrostoma regium*) örneklerinin yaş gruplarına göre saptanan total boy ve vücut ağırlıkları ile iç organ, baş, omurga, deri ve yüzgeç ağırlıkları ile tüketilebilir kısma ilişkin elde edilen değerler Tablo 1'de verilmiştir. Avlanan 100 adet kababurun örneğinin yapılan yaş tayininde I ile VIII yaş arasında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Yaş dağılımlarına göre grupların (I, II, III, IV, V, VI,

VII, VIII) ortalama boyları 18,57 - 33,33 cm arasında değişim gösterirken, ortalama vücut ağırlıkları 58,67 - 296 g baş ağırlığı 7,1 - 31,27 g, iç organ ağırlığı 7,1 - 36,12 g, deri ağırlığı 5,03 - 20,77 g, omurga ağırlığı 2,03 - 10,27 g yüzgeç ağırlığı 0,83 - 5,45 g ve tüketilebilir et kısmı ise 36,57 - 192,13 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 1).

Yaş gruplarına göre *C. Regium* örneklerine ait baş, iç organ, deri, omurga, yüzgeçler ve et verimliliğinin vücut ağırlıklarına oranları Tablo 2’de yer almaktadır. *C. Regium*’un et verimliliğinin % 62,04-67,91g arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Belirlenen diğer değerler ise sırasıyla baş ağırlığı/vücut ağırlığının %10,20 - %12,19; iç organ ağırlığı/vücut ağırlığının %8,79 - %12,17; deri ağırlığı/vücut ağırlığının %6,71 - %8,83; omurga ağırlığı/vücut ağırlığının %3,39 - %3,68; yüzgeç ağırlığı/vücut ağırlığının %1,41 - %1,96 arasında dağılım gösterdiği saptanmıştır. Çeşitli vücut kısımlarının ve tüketilebilir kısmın toplam vücut ağırlıklarına oranlarının ortalamalarının farklılıkları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmış olup, DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tüm örnekler için ortalama et verimi %66,72 olarak saptanırken, en yüksek et verimi (%67,91) III yaş grubunda, en düşük et verimi ise (%62,04) I yaş grubunda hesaplanmıştır. İncelenen tüm örneklerde ortalama baş ağırlığı %10,55, iç organ ağırlığı %9,94, deri ağırlığı %7,50, omurga ağırlığı %3,57 ve yüzgeç ağırlığı ise %1,72 olarak hesaplanmıştır. Çalışmamızda ortalama et verimi %66,72 olarak belirlenirken, Fırat nehrinde Şevik (1997) tarafından yürütülen çalışmada *C. regium*’un et verimini %70,39 olarak, Alagöz Ergüden (2013) ise Seyhan Baraj Gölü’nde yürüttükleri çalışmada *C. regium*’un et verimliliğinin ortalama %79,40 olarak bildirmiştir.

Cyprinidae familyasına ait diğer türlerde yapılan benzer çalışmalarda; Kaya ve ark, *Capoeta trutta*’nın ortalama et verimini %57,57 olarak *Capoeta umbla*’nın ortalama et verimini %61,92 olarak belirlemişlerdir. Özcan ve Balık (2006) *Chondrostoma meandrense* türünde et verimi ortalama %66,95, Aras ve ark., (1992)’nin Karasu

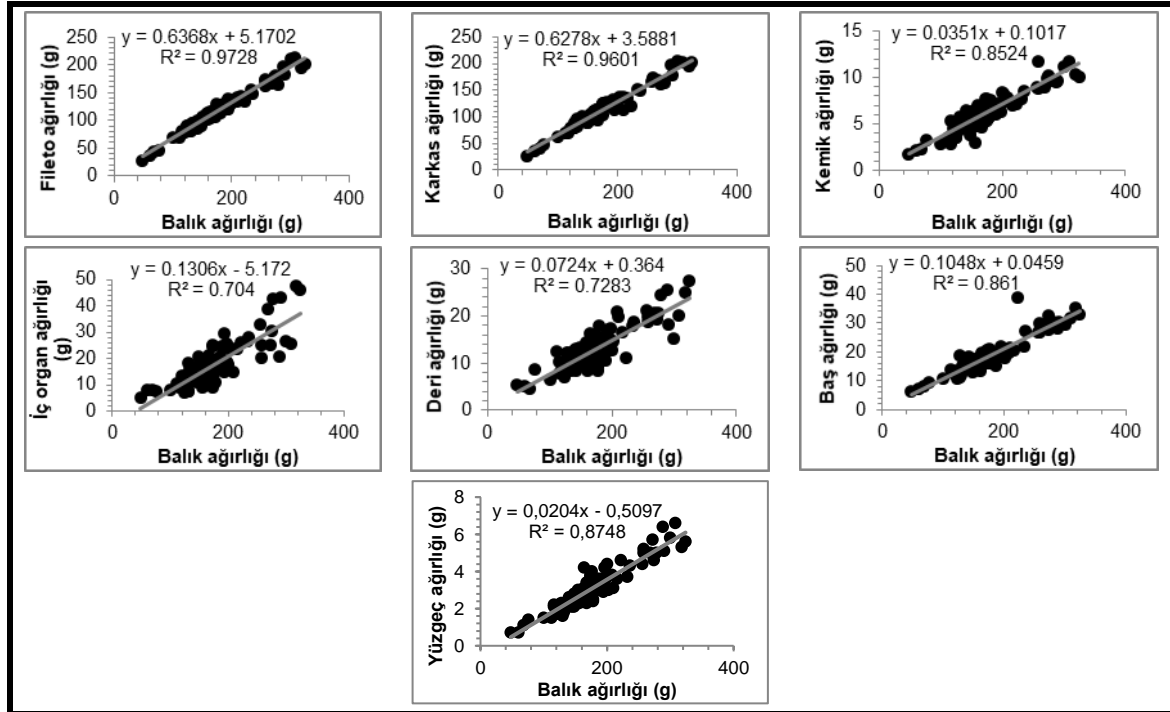
Irmağı’ndaki *Capoeta umbla* türünde ortalama et verimi %61,44 olarak, Özdemir ve Temizer (1992) Çıldır Gölü’nde yürüttükleri çalışmada sazanların ortalama et verimini %61,53, Duman ve Duman (1996) *Capoeta trutta*’da %62,5, Çelikkale (1977) kültür sazanlarında yaptıkları çalışmada et verimini %56,5 olarak, Diler ve Becer ise (2001) Karacaören Baraj Gölünde yaptıkları çalışmada *Vimba vimba tenella*’nin et verimini erkeklerde %63,76 - %71,02; dişilerde %67,97 - %70,06 olarak belirlemişlerdir.

Çalışmada saptanan ortalama et verimi değeri, yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında yakın sonuçlara sahip olduğu görülmekle beraber bazı çalışmalar arasında farklılıkların olduğu da görülmektedir. Söz konusu bu farklılıkların balığın büyüklüğüne, avlanma mevsimine, türe, yaşa, üreme dönemine, beslenme ve avlandığı andaki mide içeriğine bağlı olarak değişim gösterebileceği değerlendirilmektedir.

Balık ağırlıkları ile çeşitli vücut kısımları arasındaki ilişkiler incelenmiş olup; balık ağırlığı ile fileto ağırlık arasında  $y=0,6375x+5,6632$  ( $R^2=0,975$ ), balık ağırlığı ile karkas ağırlığı arasında  $y=0,6726x+5,765$  ( $R^2=0,9763$ ), balık ağırlığı ile kemik ağırlığı arasında  $y=0,0351x+0,1017$  ( $R^2=0,8524$ ), balık ağırlığı ile iç organ ağırlığı arasında  $y=0,1311x-5,316$  ( $R^2=0,7069$ ), balık ağırlığı ile deri ağırlığı arasında  $y=0,0713x+0,1334$  ( $R^2=0,7497$ ), balık ağırlığı ile baş ağırlığı arasında  $y=0,1047x-0,0808$  ( $R^2=0,851$ ), balık ağırlığı ile yüzgeç ağırlığı arasında  $y=0,0203x-5,5016$  ( $R^2=0,8743$ ), şeklinde yüksek korelasyonlu doğrusal ilişkiler saptanmıştır (Şekil 2), (X=balık ağırlığı (g), y=vücut kısımları ağırlığı (g)).



Şekil 1. *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)



Şekil 2. Kababurun balıklarında balık ağırlığı ile çeşitli vücut kısımları arasındaki ilişkiler



**Tablo 1.** *C. regium* örneklerinin çeşitli vücut kısımlarının ortalama ağırlıkları ve standart hata değerleri

Yaş	N	Total boy (cm)	Vücut ağırlığı (g)	Tüketilmeyen vücut kısımlarının ortalama ağırlıkları (g)					Tüketilebilir kısım (fileto) (g)
				Baş ağırlığı	İç organ ağırlığı	Deri ağırlığı	Omurga ağırlığı	Yüzgeç ağırlığı	
I	3	18,57±1,69	58,67±10,07	7,10±0,85	7,10±1,56	5,03±0,35	2,03±0,31	0,83±0,23	36,57±7,71
II	7	23,81±1,60	116,29±19,20	12,11±1,80	11,37±2,67	8,96±1,80	3,90±0,82	1,87±0,35	78,07 ±15,90
III	16	25,68±0,78	136,00±16,91	14,42±1,92	12,00±3,42	10,25±2,04	4,83±0,88	2,17±0,40	92,330±11,98
IV	33	27,42±0,73	163,23±14,80	16,88±1,61	15,69±3,84	12,15±2,10	5,84±1,04	2,82±0,42	109,85±11,81
V	17	28,41±0,64	184,47±15,61	19,85±5,19	18,52±5,65	12,36±2,17	6,76±0,83	3,29±0,70	123,69±9,05
VI	13	30,18±1,17	215,92±37,60	22,07±4,55	23,55±8,22	17,56±4,40	7,66±1,36	3,81±0,77	142,28±22,17
VII	5	31,68±1,44	263,60±20,71	28,48±3,95	26,30±7,42	20,68±2,87	9,60±1,50	5,20±1,00	173,34±16,28
VIII	6	33,33±0,97	296,00±31,82	31,27±2,83	36,12±10,44	20,77±4,55	10,27±1,14	5,45±0,77	192,13±23,65
Top.	100	27,72±2,96	175,90±53,68	18,48±6,06	17,80±8,36	13,09±4,55	6,28±2,04	3,08±1,17	117,17±34,66

**Tablo 2.** *C. regium* örneklerinin çeşitli vücut kısımları ağırlıklarının toplam vücut ağırlığına oranları (%)

Yaş grupları	N	Tüketilmeyen vücut kısımlarının ortalama ağırlıkları (%)					Tüketilebilir kısım (fileto) (%)
		Baş ağırlığı	İç organ ağırlığı	Deri ağırlığı	Omurga ağırlığı	Yüzgeç ağırlığı	
I	3	12,19 <sup>a</sup>	12,05 <sup>a</sup>	8,83 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	62,04 <sup>a</sup>
II	7	10,56 <sup>b</sup>	9,76 <sup>ab</sup>	7,96 <sup>ab</sup>	3,39 <sup>a</sup>	1,62 <sup>ab</sup>	66,70 <sup>b</sup>
III	16	10,61 <sup>b</sup>	8,79 <sup>b</sup>	7,54 <sup>ab</sup>	3,56 <sup>a</sup>	1,59 <sup>ab</sup>	67,91 <sup>b</sup>
IV	33	10,40 <sup>b</sup>	9,59 <sup>ab</sup>	7,47 <sup>ab</sup>	3,57 <sup>a</sup>	1,73 <sup>bc</sup>	67,24 <sup>b</sup>
V	17	10,68 <sup>b</sup>	9,98 <sup>ab</sup>	6,71 <sup>b</sup>	3,68 <sup>a</sup>	1,78 <sup>bc</sup>	67,18 <sup>b</sup>
VI	13	10,20 <sup>b</sup>	10,72 <sup>ab</sup>	8,12 <sup>ab</sup>	3,56 <sup>a</sup>	1,76 <sup>bc</sup>	67,63 <sup>b</sup>
VII	5	10,79 <sup>b</sup>	10,04 <sup>ab</sup>	7,83 <sup>ab</sup>	3,65 <sup>a</sup>	1,96 <sup>c</sup>	63,70 <sup>b</sup>
VIII	6	10,60 <sup>b</sup>	12,17 <sup>a</sup>	7,02 <sup>b</sup>	3,48 <sup>a</sup>	1,84 <sup>bc</sup>	65,90 <sup>ab</sup>
Toplam	100	10,55	9,94	7,50	3,57	1,72	66,72

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli, aynı harflerle gösterilenler arasındaki fark ise önemsizdir

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1100125

## SONUÇ

Sonuç olarak. *C. regium*'un et verimi açısından sazan türlerinin yanı sıra diğer balık türleri arasında da önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen bulgular ışığında bu türün bölge insanların günlük protein ihtiyacını karşılamada önemli bir kaynak oluşturacağı düşünülebilir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Alagöz Ergüden, S. (2013). Seyhan Baraj Gölü'nde (Türkiye) yaşayan kababurun [*Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)]'un et veriminin belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 54-58.
- Aras, S., Yanar, M., Bircan, R. (1992). The connection of flesh productivity and body parts in *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) living in Karasu River (in Turkish). *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum*, 106-115.
- Arslan, A. (1992). Keban Baraj Gölü aynalı sazanlarının (*Cyprinus carpio* L.) et verimi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6, 1-12.
- Aydın, R., Çalta, M., Şen, D., Çaban, M.Z. (2004). Relationships between fish lengths and otolith length in the population of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) inhabiting Keban Dam Lake. *Pakistan Journal of Biological Science*, 7(9), 1550-1553.
- Baysal, A., Aksoy, M., Besler, T.H., Bozkurt, N., Keçecioglu, S., Mercanlıgil, S.M., Merdol, T.K., Pekcan, G., Yıldız, E. (2013). *Diyet el kitabı*. Hatipoğlu Yayınları, Ankara, Türkiye, 654s.
- Bozkurt, Y., Bekcan, S., Çakıroğulları, G. Ç. (2006). İnci balığının (*Alburnus orontis*, Sauvage 1882) et kompozisyonu ve mevsimsel değişimi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1), 70-73.
- Çelikkale, M. S. (1977). The rates of various organs of the total body weight of culture carp and the amount of edible portion comparison with agricultural animals and other economic inland fishes. *Tübitak IV. Bilim Kong. Veteriner ve Hay. Araşt. Grub. Teb., Tübitak Yayın No: 389, V.H.A.G. Seri No:10, Ankara*.
- Diler, A., Becer, Z. A. (2001). Karacaören I Baraj Gölündeki eğrez (*Vimba vimba tenella* (Nordmann, 1840)) balıklarının kimyasal kompozisyonu ve et verimi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25, 87-92.
- Duman, E., Duman, M. (1996). Keban Baraj Gölü'nde avlanan *Capoeta trutta* Heckel, 1843 ile *Barbus rajanorum mystaceus* Heckel, 1843'ün et verimi ve besin değerleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 13, 83-88.
- Duman, M., Dartay, M., Yüksel, F. (2011). Munzur Çayı (Tunceli) dağ alabalıkları *Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858)'nin et verimi ve kimyasal kompozisyonu. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 41-45.
- Duman, M., Şen, D. (2003). Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W.)'nin kimyasal bileşimi ve et verimindeki değişimlerin mevsimsel olarak incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15, 635-644.
- Erkoyuncu, İ., Erdem, M., Samsun, O., Özdamar, E., Kaya, Y. (1994). Karadeniz'de avlanan bazı balık türlerinin et verimi, kimyasal yapısı ve boy-ağırlık ilişkisinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 8(1-2), 181-191.
- Geldiay, R., Balık, S. (1999). Türkiye Tatlısu Balıkları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yayınları*. No:46, Ders Kitabı Dizini No:16,532s. İzmir.
- Göğüş, A.K., Kolsarıcı, N. (1992). *Su Ürünleri Teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 1243, Ankara, 261 s.
- Köprücü, K., Özdemir, Y. (2003). *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Keban Baraj Gölü ve Hazar Gölü (Elazığ)'nda yaşayan popülasyonlarının et verimi ve bazı büyüme özelliklerinin karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20(3-4), 337-343.
- Kurt Kaya, G., Erol Mercan, R., Yüksel, F., Kurtoğlu, M., Gündüz, F., Yıldız, N., Demirel, F. (2013). Tunceli Uzunçayır Baraj Gölü'nde yaşayan karabalık (*Capoeta trutta* Heckel, 1843) ve siraz (*Capoeta umbla* Heckel, 1843) balıklarının et verimlerinin incelenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 4, 9-14.
- Özcan, G., Balık, S., (2006), Kemer Baraj Gölü'ndeki *Chondrostoma meandrense* Elvira, 1987'nin et veriminin incelenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23, 449-451.
- Özdemir, N. (1982). Elazığ-Hazar Gölünde bulunan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın et verimi ile ilgili bazı vücut organları arasındaki ilişki. *Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2, 95-101.
- Özdemir, N., Şen, D. (1982). Fırat Nehri'nde bulunan *Leuciscus cephalus* (Linnaeus 1758)'un çeşitli organlarının toplam vücut ağırlığındaki oranları ve et randımanı. *Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 1(1), 84-90.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1100125

- Özdemir, N., Şen, D., Polat, N. (1985). Van Gölü'nde Yaşayan *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811)'nin et randımanı ve yöre halkı için önemi. Elazığ Bölgesi Veteriner Hekimler Odası Dergisi, 3, 39-43.
- Özdemir, N., Şen, D. (1988). Karakoçan – Kalecik – Elazığ Göleti'nde bulunan *Barbus plebejus lacerta* (Heckel, 1843)'nin et verimi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 6, 73-81.
- Özdemir, N., Temizer, A. (1992). A study of flesh productivity of living cyprinids (*Cyprinus carpio* L. 1758) in Çıldır Lake (in Turkish), Fırat Ün. XI. Ulusal Biyoloji Kongresi, 175-178.
- Samsun, S., Erdem, M. E., Samsun, N. (2006). Mezgıt (*Gadus merlangus euxinus* Nordmann, 1840) balığının et verimi ve kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(2), 165-170.
- Sioen, I., Matthys, C., De Backer, G., Van Camp, J., Henauw, S.D. (2007). Importance of seafood as nutrient source in the diet of Belgian adolescents. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 20(6), 580-589.
- Suiçmez, M., Yılmaz, S., Şcherli, T. (2011). Age and growth of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) from Almus Dam Lake, Turkey. SDU Journal of Science, 6, 82-90.
- Şaşı, H. (2009). Güney Ege Bölgesi'ndeki Topçam Baraj Gölü'nde yaşayan siraz balığının (*Capoeeta bergaee* Karaman, 1969) et veriminin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 26(1), 35-38.
- Şevik, R. (1997). Atatürk Barajı Suriye sınırı arasındaki sular (Fırat)'da yaşayan *Chondrostoma regium*'un büyüme özellikleri üzerine bir araştırma. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, 555-562, İzmir.
- Tellioglu, A., Pala, G., Çoban, M.Z., Şen, D. (2004). Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un sindirim sistemi içeriği. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(4), 623-632.
- Tilamia, S.K., Sampels, S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 26(2), 243–253.
- Yüce, S., Aydın, R., Gündüz, F., Demiroglu, F., Şeker, T., Çoban, M.Z., Şen, D. (2015). Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un büyüme özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 27(2), 29-36.
- Zencir, Ö., Korkmaz, Ş.A. (2004). Beyşehir Gölü kadife balıklarının (*Tinca tinca* L., 1758) et verimi ve vücut kompozisyonu. Tarım Bilimleri Dergisi, 10(4), 474-480.

## Covid-19 Aşılama Sürecinin Tahminine Yönelik Derin Öğrenme Tabanlı Bir Model

Anıl Utku\*, Ümit Can

Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

\*anilutku@munzur.edu.tr , ucan@munzur.edu.tr 

Makale gönderme tarihi:03.06.2022, Makale kabul tarihi:15.08.2022

### Öz

Covid-19 pandemisi, insanlığın son zamanlarda karşılaştığı en büyük zorluklardan biridir. Henüz tedavi edici bir ilaç geliştirilemediği için tüm dünyayı sosyal ve ekonomik anlamda olumsuz etkilemektedir. Covid-19'un etkilerini ve vücutta bıraktığı hasarı en aza indirmek için farklı aşı çalışmaları yapılmıştır. Dünya genelinde insanlar aşılana salgının seyri kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Bu noktada kullanılacak günlük aşı miktarının belirlenmesi, ihtiyaç duyulacak aşı ve enjektör gibi malzemelerin miktarına ve bunlarla beraber sağlık hizmetlerinin planlanmasına kadar önemli birçok alanda belirleyici olacaktır. Bununla birlikte birçok araştırmacı, virüs yayılım modeli oluşturmak ve Covid-19'un gidişatını tahmin etmek için farklı tahmin yöntemleri önermiştir. Bunlar arasında yapay zekâya dayalı yöntemler en ilgi çekici ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmada, dünyada en yüksek aşılama oranına sahip ilk 20 ülke için günlük yapılan aşı sayılarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla DT, kNN, LR, RF, SVM, MLP, CNN, RNN ve geliştirilen LSTM tabanlı derin öğrenme modelinin karşılaştırmalı bir analizi sunulmuştur. Uygulanan modeller için RMSE, MAE ve  $R^2$  metriklerine göre elde edilen deneysel sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar, geliştirilen LSTM tabanlı modelin uygulanan ülkelerin tamamına yakınında 0.90'ın üzerinde  $R^2$  değerine sahip olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aşı, covid-19, derin öğrenme, LSTM, makine öğrenmesi

## A Deep Learning Based Prediction Model for Predicting the Covid-19 Vaccination Process

### Abstract

The COVID-19 pandemic is one of the biggest challenges humanity has faced lately. As a therapeutic drug has not yet been developed, it negatively affects the entire world in social and economic terms. Various vaccine studies have been conducted to minimize the impact of COVID-19 and its harm to the body. People around the world are trying to control the course of the epidemic by vaccinating them. Determining the daily amount of vaccines to be used at this point will be decisive in important points such as the number of materials such as vaccines and injectors that will be needed, as well as the planning of health services. However, many researchers have proposed different predictive methods to build a model for the spread of the virus and predict the course of COVID-19. Of these, artificial intelligence methods are the most attractive and widely used. This study, it has been aimed to predict the number of daily vaccinations for the top 20 countries with the highest vaccination rate in the world. In this regard, a comparative analysis of DT, kNN, LR, RF, SVM, MLP, CNN, RNN, and the LSTM-based deep learning model was presented. The experimental results obtained according to the RMSE, MAE, and  $R^2$  metrics for the applied models have been analyzed comparatively. Experimental results showed that the developed LSTM-based model has an  $R^2$  value of over 0.90 in almost all of the applied countries.

**Keywords:** Vaccine, covid-19, deep learning, LSTM, machine learning

### GİRİŞ

Covid-19, şiddetli akut solunum sendromuna sebep olan SARS-CoV-2 virüsünün neden olduğu, küresel pandemi haline gelen bulaşıcı bir hastalıktır (Lalmuanawma vd., 2020). Covid-19 ilk olarak

Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıkmış ve 17 Kasım 2019'da ilk vaka teyit edilmiştir (Cucinotta ve Vanelli, 2020) ve daha sonrasında milyonlarca insanın ölümüne sebep olmuştur

(Şengür, 2021). Ayrıca Covid-19 pandemisi, ülkeleri sınırlarını kapatmak ve sokağa çıkma yasağı almak gibi önlemler almaya zorlayarak dünya ekonomisi üzerinde yıkıcı bir etkiye sahip olmuştur. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Covid-19'un ortaya çıktığı ilk tarihten 28 Nisan 2022 tarihine kadar dünya genelinde 509.531.232 doğrulanmış vaka, 6.230.357 Covid-19 kaynaklı ölüm ve yaklaşık 12 milyon doz aşı yapıldığını belirtmiştir.

DSÖ, Covid-19 bulaşmanın ilk aşamalarında pandemi olarak ilan ederek Covid-19'un çok şiddetli ve ölümcül bir hastalık olduğunu belirtmiştir (Jamal vd., 2021). Covid-19'un insan sağlığını önemli ölçüde etkilediği, doğrudan veya dolaylı olarak önceden var olan sağlık problemlerini tetikleyerek ölümlere neden olduğu belirtilmektedir. Ortaya çıkan bu virüsün başlıca semptomları yüksek ateş, sürekli ve inatçı öksürük, tat ve koku kaybı, yorgunluk, kas ağrısı ve nefes almada zorluktur. Bilim insanları, virüsün yayılmasını kontrol etmenin yollarını geliştirmek için virüsün morfolojik yapısını anlamaya çalışmaktadır (Zhang ve Yan, 2020). Bununla birlikte, devam eden birçok klinik çalışmanın Covid-19 vakalarının tedavisinde potansiyel olarak etkili olacağı düşünülmektedir.

Covid-19'a karşı geliştirilen aşilar, kişilerin hastalığa yakalanmadan virüse karşı bağışıklık geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Rubin, 2021). Farklı aşı türleri, koruma sağlamak için farklı şekillerde çalışır. Ancak her türlü aşı ile vücudun T-lenfositleri ve B-lenfositleri üretmesi amaçlanmaktadır (Royer ve Reinherz, 1987). Geliştirilen aşilar mRNA, protein alt birim aşiları ve vektör aşiları olmak üzere kategorize edilebilir (Samaranayake vd., 2021). mRNA aşiları, Pfizer-BioNTech ve Moderna tarafından geliştirilen, hücrelere virüse özgü zararsız bir proteinin nasıl üretileceğine ilişkin talimatlar veren virüs materyallerini içermektedir (Bisgin vd., 2021). Hücreler, proteinin kopyalarını elde ettikten sonra, aşidaki genetik materyali yok eder. Vücut, proteinin orada olmaması gerektiğini kabul eder ve gelecekte enfekte olursa Covid-19'a neden olan virüsle nasıl savaşılacağını hatırlayacak T-lenfositleri ve B-lenfositleri üretir.

Protein alt birim aşiları, virüsün zararsız parçalarını (proteinleri) içerir. Bir kez aşilanan vücut, proteinin orada olmaması gerektiğini anlar ve gelecekte enfekte olduğu zaman Covid-19'a neden

olan virüsle nasıl savaşılacağını hatırlayacak olan T-lenfositleri ve antikorları oluşturur (Wang vd., 2020).

Vektör aşiları, Johnson & Johnson's Janssen tarafından geliştirilmekte ve virüsün değiştirilmiş bir versiyonunu içermektedir. Modifiye edilmiş virüsün kabuğunun içinde, Covid-19'a neden olan virüsten bir materyal olan viral vektör bulunmaktadır. Viral vektör, hücrelerin içine girdiğinde genetik materyal, hücrelere Covid-19'a neden olan virüse özgü bir protein yapma talimatı verir. Bu talimatları kullanarak hücreler proteinin kopyalarını oluşturur (Gupta vd., 2021).

Dünya genelinde Covid-19 pandemisinden çok sayıda insan etkilendiği ve hastalığın tedavisi bulunmadığı için mevcut veriler kullanılarak virüs yayılımının tahmin edilmesi önem kazanmaktadır. Literatürdeki çalışmalar, hastalığın tahmin edilmesi için karmaşık algoritmalar ve modellerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Araştırmacılar, virüsün olası davranışlarını belirlemeye ve virüsün yayılımının doğru bir şekilde tahmin edilmesine yardımcı olabilecek tahmin modelleri geliştirmeye çalışmaktadır.

Arora vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan'ın 32 eyaleti için pozitif Covid-19 vakalarının sayısını tahmin etmek için LSTM varyantlarının karşılaştırmalı bir analizi sunulmuştur. Günlük ve haftalık vakaları tahmin etmek için minimum hataya sahip LSTM modeli seçilmiştir. Önerilen yöntemin, günlük tahminler için %3'ten az ve haftalık tahminler için %8'den az hata ile kısa vadeli tahmin için yüksek doğruluk sağladığı gözlemlenmiştir.

Alazab vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, Covid-19 vaka sayısını tahmin etmek için CNN tabanlı bir derin öğrenme modeli sunulmuştur. Önerilen model ile hastaları tespit edebilmek için 1000 adet göğüs röntgeni görüntüsü analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen sistemin Covid-19 tespitinde %95.99 F-skör değerine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, günlük vaka, ölüm ve iyileşme sayısını tahmin etmek için Prophet, AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) ve LSTM kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, Avustralya ve Ürdün için ortalama doğruluk oranlarının %94.80 ve %88.43 olduğunu göstermiştir.

Che Azemin vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, Covid-19 hastalarına ait radyolojik görüntüler kullanılarak derin öğrenme tabanlı bir hastalık tespit sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, bir

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1125729

milyon göğüs röntgeni görüntüsü kullanılarak anomalileri tespit etmek için ResNet-101 konvolüsyonel sinir ağı mimarisine dayalı bir derin öğrenme modeli kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar, geliştirilen modelin %77.3 hassasiyet, %71.8 duyarlılık ve %71.9 doğruluk değerine sahip olduğunu göstermiştir.

Wang vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, Covid-19 salgınının epidemik trendini tahmin etmek için LSTM tabanlı bir model geliştirilmiştir. Çalışmada Rusta, Peru ve İran için salgının yükselen trendinin tahmin edilmesi ve sosyal izolasyon ile sokağa çıkma yasağı gibi önleyici tedbirlerin Covid-19'un yayılması üzerindeki etkinliği analiz edilmesi amaçlanmıştır. Ülkeler için salgının seyrinin azalacağı zamanlar belirlenerek vaka sayıları tahmin edilmiştir.

Pinter vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, Macaristan'daki Covid-19 vakalarını tahmin etmek için hibrit bir makine öğrenmesi yaklaşımı önerilmiştir. Adaptive Network-based Fuzzy Inference System (ANFIS) ve Multi-Layered Perceptron-Imperialist Competitive Algorithm (MLP-ICA) modelleri kullanılarak oluşturulmuş hibrit makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak, vaka ve ölüm sayıları tahmin edilmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen modelin başarılı bir tahmin performansına sahip olduğunu göstermiştir.

Younis (2021) tarafından yapılan çalışmada, VGG, LetNet-5, AlexNet ve Resnet-50 mimarileri kullanılarak akciğer röntgeni görüntüleri üzerinde Covid-19 ve SARS\_MERS virüslerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca LSTM modeli kullanılarak İtalya'daki 10 günlük Covid-19 vaka sayısının tahmini gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, VGG modelinin diğer modellere kıyasla %91 doğruluk oranına sahip olduğunu, LSTM'in ise Covid-19 vaka sayısını %99 doğrulukla tahmin ettiğini göstermiştir.

Abbasimehr ve Paki, (2021) tarafından yapılan çalışmada, Covid-19 vakalarının tahminine yönelik MultiHead Attention, LSTM ve CNN modellerini Bayes optimizasyon algoritması ile birlikte kullanarak hibrit tahmin modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller, çoklu zaman noktalarının tahminine izin veren çoklu çıktı tahmin stratejisine dayalı olarak tasarlanmıştır. Bayes optimizasyon algoritması, her model için en iyi hiperparametreleri otomatik olarak seçmek ve tahmin performansını geliştirmek için kullanılmıştır. Geliştirilen hibrit

model ile 10 günlük kısa vadeli tahminler için 0.25 SMAPE değeri elde edilmiştir. Uzun vadeli tahminler için ise 2.59 SMAPE değeri elde edilmiştir.

Alassafi vd., (2022), tarafından yapılan çalışmada, Covid-19 salgınının Malezya, Fas ve Suudi Arabistan'daki yayılımının belirlenmesi için derin öğrenme tabanlı bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Vaka ve ölüm sayılarını tahmin etmek için RNN ve LSTM modelleri kullanılmıştır. LSTM %98.58 hassasiyet değerine sahip olurken RNN %93.45 hassasiyet değerine sahip olmuştur.

Bu çalışmada, dünya genelinde en yüksek aşılama oranına sahip ilk 20 ülke için günlük yapılan aşı sayılarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çözölmeye çalışılan bu problem çok boyutlu ve karmaşık bir problemdir (Kızılloluk ve Can, 2021). Bu amaçla Decision Tree (DT) (Karar Ağacı), k-Nearest Neighbour (kNN) (k- En Yakın Komşu), Linear Regression (LR) (Lineer Regresyon), Random Forest (RF) (Rastgele Orman), Support Vector Machine (SVM) (Destek Vektör Makinesi), Multilayer Perceptron (MLP) (Çok Katmanlı Algılayıcılar), Convolutional Neural Network (CNN) (Evrışimli Sinir Ağları), Recurrent Neural Networks (RNN) (Tekrarlayan Sinir Ağları) ve geliştirilen Long Short-Term Memory (LSTM) (Uzun Kısa Süreli Bellek Ağları) tabanlı derin öğrenme modelinin karşılaştırmalı bir analizi sunulmuştur. Uygulanan modeller için RMSE, MAE ve R<sup>2</sup> metriklerine göre elde edilen deneysel sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Günlük yapılacak aşı sayısının tahmini sağlık çalışanlarının görev planlaması ve ekipman tedarigi için önemli bir konudur. Aşı ve enjektör gibi malzemelerin tedarigi ile sağlık personellerinin çalışma saatlerinin planlanmasında ve aşı yaptıracak kişilerin gruplar halinde aşılmasında stratejiler geliştirmek için günlük hayata uyarlanabilir. Bu çalışma, günlük yapılan aşı sayısının tahminine yönelik ilk çalışmadır. Literatürde yaygın olarak kullanılan popüler makine öğrenmesi ve derin öğrenme modellerinin uygulamalı bir analizi sunulmuştur. Bu çalışma vasıtasıyla Türkçe literatüre de katkıda bulunabilmek amaçlanmıştır.

## TAHMİN MODELLERİ

Bu çalışmada günlük yapılan aşı sayısının tahminine yönelik popüler makine öğrenmesi ve derin öğrenme modelleri uygulamalı olarak karşılaştırılmıştır. DT, kNN, RF ve SVM makine

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1125729

öğrenmesi algoritmaları ile MLP, CNN, RNN ve LSTM derin öğrenme modelleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

DT, regresyon veya sınıflandırma problemlerinde kullanılan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır (İbrahim ve Abdulazeez, 2021). Bir veri kümesini giderek daha küçük alt kümelere ayırırken aynı zamanda ilgili ağacı aşamalı olarak geliştirilir. Nihai sonuç, karar düğümleri ve yaprak düğümleri olan bir ağaçtır. DT, kök düğüm, dallar ve yaprak düğümlerden oluşur. Kök düğüm, tüm örneği temsil eden ilk düğümdür ve daha fazla düğüme bölünebilir. İç düğümler bir veri kümesinin özelliklerini, dallar ise karar kurallarını temsil eder. Yaprak düğümler ise sonucu temsil eder. Bir karar düğümünün, her biri test edilen öznitelik için değerleri temsil eden iki veya daha fazla dalı vardır. Yaprak düğümü sayısal hedefle ilgili bir kararı temsil eder. DT hem kategorik hem de sayısal verileri işleyebilir (Song ve Ying, 2015).

kNN, tahmin edilecek değer için bağımsız değişkenlerinin oluşturduğu vektörün sınıfının, en yakın komşuların hangi sınıfta yoğun olduğu bilgisinden yola çıkarak tahmin edilmesine dayanır. kNN, uzaklık ve komşuluk sayısına (k) dayalı tahminler yapar (Franco-Lopez, 2001). Mesafe, tahmin edilecek noktanın diğer noktalara olan uzaklığı ile hesaplanır. Uzaklığı hesaplamak için Minkowski, Öklid veya Manhattan fonksiyonları kullanılır. Komşuluk sayısı üzerinden en yakın kaç komşunun hesaplanacağı belirlenir. k değeri sonucu doğrudan etkileyecektir. k değeri 1 ise, aşırı öğrenme olasılığı çok yüksek olacaktır. Çok büyükse, çok genel sonuçlar verecektir. Bu nedenle, k'nin optimum değerini tahmin etmek problemin ana konusudur. kNN, basit ve gürültülü eğitim verilerine karşı direnci nedeniyle en popüler makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Ancak aynı zamanda bir dezavantajı da vardır. Örneğin, mesafeleri hesaplarken tüm durumları sakladığından, büyük veriler için kullanıldığında çok fazla bellek alanına ihtiyaç duyar (Tomppo ve Halme, 2004).

LR, gözlemlenen verilere doğrusal bir denklem uydurarak iki değişken arasındaki ilişkiyi modellemeye çalışır. Regresyon, bağımsız değişkenlere dayalı bir hedef tahmin değeri modeller (Hazra ve Gogtay, 2016). Yoğunlukla değişkenler ve tahmin arasındaki ilişkiyi bulmak için kullanılır. Farklı regresyon modelleri, dikkate aldıkları bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin türüne ve

kullanılan bağımsız değişkenlerin sayısına göre farklılık gösterir. LR, belirli bir bağımsız değişkene (x) dayalı olarak bir bağımlı değişken değerini (y) tahmin etme görevini gerçekleştirir.  $y=ax+b$  şeklinde bir fonksiyon kullanarak, x (girdi) ve y (çıkış) arasında doğrusal bir ilişki bulur (Hou vd., 2019).

RF, topluluk öğrenme yöntemini kullanan bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. Topluluk öğrenme yöntemi, daha doğru bir tahmin yapmak için birden fazla makine öğrenmesi algoritmasından gelen tahminleri birleştiren bir tekniktir (Rahman, 2019). Hem regresyon hem de sınıflandırma problemlerine uygulanabilmesi, hiperparametre tahmini olmadan bile iyi sonuçlar vermesi nedeniyle popüler makine öğrenme modellerinden biridir. RF, eğitim süresi boyunca birkaç karar ağacı oluşturarak ve tüm ağaçların tahmini olarak sınıfların ortalamasını çıkararak çalışır (Prasad vd., 2006). Ağaçlar, aralarında hiçbir etkileşim olmadan paralel olarak çalışmaktadır. RF, ağaçları büyüttükçe, modele ek rastgelelik ekler. Bir düğümü bölerken, en önemli özelliği aramak yerine, rastgele bir özellik alt kümesi arasında en iyi özelliği arar (Chan ve Paelinckx, 2008). Bu nedenle, bir düğümü bölmek için algoritma tarafından yalnızca özelliklerin rastgele bir alt kümesi dikkate alınır.

SVM, veri noktalarını belirgin bir şekilde sınıflandıran N boyutlu bir uzayda bir hiperdüzlem bulmayı amaçlayan bir denetimli öğrenme algoritmasıdır (Sen vd., 2020). İki veri noktası sınıfını ayırmak için seçilebilecek birçok olası hiperdüzlem vardır. Amaç, her iki sınıfın veri noktaları arasındaki maksimum mesafeye sahip bir düzlem bulmaktır. Marj mesafesini en üst düzeye çıkarmak, gelecekteki veri noktalarının daha güvenle sınıflandırılabilmesi için önemlidir. Destek vektörleri sadece gözlemin koordinatlarıdır. SVM, iki sınıfı (hiper düzlem/çizgi) en iyi ayıran bir sınırdır. SVM, bir düzlemde yer alan noktaları ayırmak için bir çizgi çizer (Shivanna ve Agrawal, 2020). Bu çizginin her iki sınıfın noktaları için maksimum mesafede olmasını amaçlar.

MLP, bir ileri beslemeli sinir ağı modelidir. Giriş katmanı, çıkış katmanı ve gizli katman olmak üzere üç tip katmandan oluşur (Ghritlahre ve Prasad, 2018). Giriş katmanı işlenecek giriş sinyalini alır. Tahmin ve sınıflandırma gibi gerekli görevler çıkış katmanı tarafından gerçekleştirilir. Giriş ve çıkış katmanı arasında yerleştirilen rastgele sayıda gizli katman, MLP'nin hesaplama birimidir. Bir MLP'deki ileri beslemeli ağa benzer şekilde, veriler girişten çıkış

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1125729

katmanına doğru akar. MLP'deki nöronlar, geri yayılım algoritması ile eğitilir (Liu vd., 2018).

CNN, düşük seviye özelliklerin uzamsal hiyerarşilerini otomatik ve uyarlanabilir bir şekilde öğrenmek için tasarlanmış bir derin öğrenme modelidir (Laroui vd., 2019). CNN, temel olarak evrişim, havuzlama ve tamamen bağlantılı katmanlardan oluşmaktadır. Evrişim ve havuzlama katmanları, öznelik çıkarma işlemini gerçekleştirirken, tamamen bağlantılı katmanlar, çıkarılan öznelikleri sınıflandırma işlemini gerçekleştirir. Evrişim katmanı, özel bir doğrusal işlem türü olan evrişim gibi bir dizi matematiksel işlemden oluşur (Bodapati ve Veeranjanyulu, 2019). Dijital görüntülerde, piksel değerleri iki boyutlu (2B) bir ızgarada saklanır. Bir özellik, görüntünün herhangi bir yerinde ortaya çıkabileceğinden, CNN görüntü işleme için oldukça verimlidir. Bir katman çıktısını bir sonraki katmana besledikçe, çıkarılan özellikler hiyerarşik ve aşamalı olarak daha karmaşık hale gelebilir. Geri yayılım ve gradyan azaltma olarak adlandırılan optimizasyon algoritmaları aracılığıyla parametreler optimize edilir (Zhang vd., 2020).

RNN, zaman serisi verileri veya dizi içeren veriler için uyarlanmış özel bir yapay sinir ağı türüdür. RNN çeşitli zaman indeksleri arasındaki bağımlılıkları tanımlayarak bağlamsal bilgileri çıkarmak için tasarlandığından, dizi analizi işlemini gerçekleştirmek için yaygın olarak kullanılan bir sinir ağı modelidir. RNN, birbirini izleyen çok sayıda tekrarlayan katmandan oluşur ve bu katmanlar, diziyi diğer dizilerle eşleştirmek için sırayla modellenir. RNN, diziden bağlamsal verileri yakalamak için güçlü bir yeteneğe sahiptir. Ancak, ağ yapısındaki bağlamsal bilgiler sabittir ve veri sınıflandırma sürecini başarmak için etkin bir şekilde kullanılır (Liu ve Guo, 2019). RNN'in işlem döngüsünde, gizli katmandan gelen sonuç hem çıktı üretir hem de içerik birimlerine yazılır. Bu şekilde her yeni girdi, önceki girdilerin işlenmesi sonucunda üretilen içerik birimleriyle birlikte işlenir. Farklı zamanlarda depolanan veriler arasında bir ilişki varsa buna uzun süreli bağımlılık denir. RNN, bu uzun vadeli bağımlılıklar arasındaki ilişkiyi hesaplayabilen bir ağıdır (Liu vd., 2020).

LSTM, gelişmiş bir tekrarlı sinir ağı modelidir. LSTM, RNN'de yaşanan kaybolan gradyan problemini çözmek için kullanılabilir. LSTM, hücre, giriş kapısı, çıkış kapısı ve unutma kapısı birimlerinden oluşur (Nurcahyanto vd., 2022).

Hücreler belirli zaman aralıklarında değerlerin hatırlanmasını, kapılar ise hücreye giren ve çıkan bilgi akışını düzenler. LSTM, önemli olaylar arasındaki bilinmeyen boyut ve süredeki zaman gecikmeleri göz önüne alındığında, zaman serilerini sınıflandırmak, işlemek ve tahmin etmek için çok uygundur. LSTM bellek bloğu, ağırlıklı girdiler, aktivasyon fonksiyonları, önceki bloklardan girdiler ve nihai çıktılar gibi çeşitli bileşenlere sahip karmaşık bir birimdir (Staudemeyer ve Morris, 2019).

## GELİŞTİRİLEN DERİN ÖĞRENME TABANLI TAHMİN MODELİ

Bu çalışmada DT, kNN, LR, RF, SVM, MLP, CNN, RNN ve geliştirilen LSTM tabanlı derin öğrenme modelinin karşılaştırmalı bir analizi sunulmaktadır. Modeller, aşılama oranı en yüksek olan ilk 20 ülke için uygulanmıştır. Her ülke için günlük aşılama sayılarına göre hata metrikleri kullanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Her bir model için RMSE, MAE ve R2 metriklerine göre elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

### Veri seti

Bu çalışmada, Our World in Data tarafından Kaggle üzerinden açık erişime sunulan, ülkelerin aşılama verileri kullanılmıştır (Daily and Total Vaccination for COVID-19 in the World from Our World in Data, 2021). Verisetinde Country, Country ISO code, Date, Total number of vaccinations, Total number of people vaccinated, Total number of people fully vaccinated, Daily vaccinations, Total vaccinations per hundred, Total number of people fully vaccinated per hundred, Number of vaccinations per day, Daily vaccinations per million ve Source name öznelikleri bulunmaktadır. Verisetinde bulunan özneliklerin açıklamaları Tablo 1'de verilmiştir

**Tablo 1.** Verisetindeki özneliklerin açıklamaları

Country	Aşı bilgilerinin sağlandığı ülke
Country ISO code	Ülke için ISO kodunu
Date	Veri girişi yapılan tarih
Total number of vaccinations	Ülkede yapılan aşılama toplam sayısı
Total number of people vaccinated	Aşılanan toplam kişi sayısı
Total number of people fully vaccinated	Aşı şemasına göre tüm aşılama yaptırmış kişi sayısını
Daily vaccinations	Belirli bir tarihte yapılan aşı sayısı



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1125729

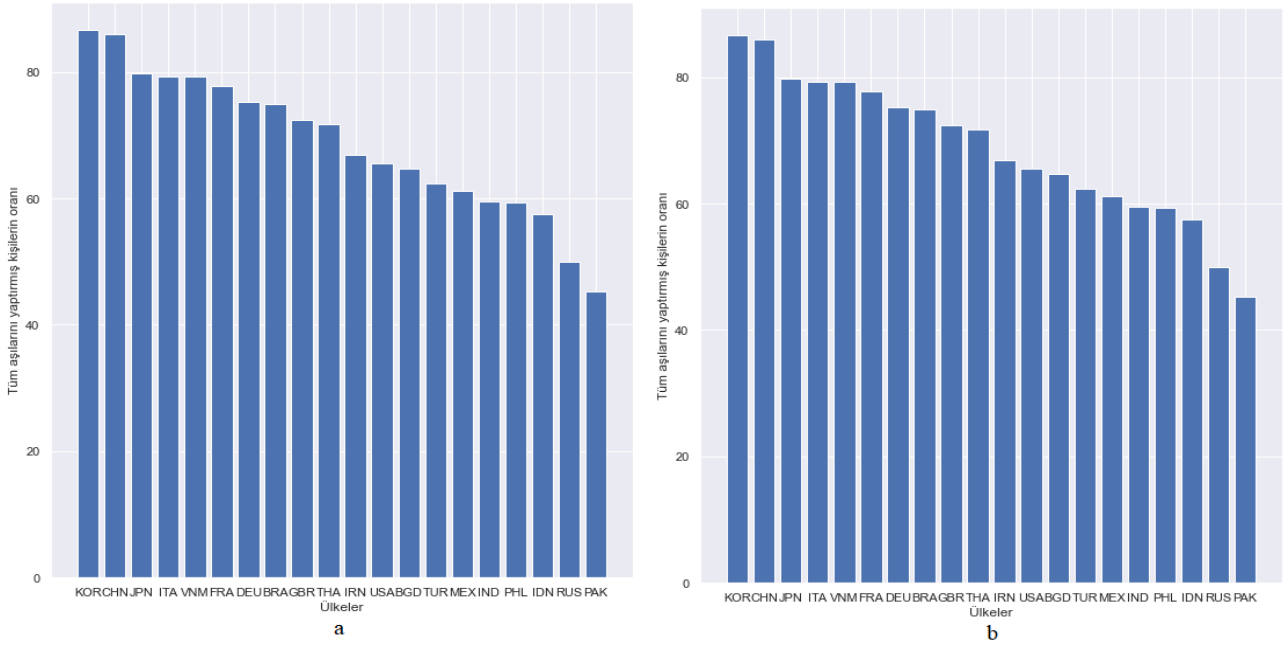
Total vaccinations per hundred	Belirli bir güne kadar ülkede yapılan aşı sayısı ile toplam nüfus arasındaki yüzdelik oranı
Total number of people fully vaccinated per hundred	Ülkede tüm aşılarını yaptırmış nüfus ile toplam nüfus arasındaki yüzdelik oranı
Number of vaccinations per day	Belirli bir gün ve ülke için günlük aşı sayısı
Daily vaccinations per million	Ülkedeki belirli bir tarih için aşı sayısı ile toplam nüfus arasındaki oranı
Source name	Verinin kaynağı

Kullanılan veriseti Mart 2022 yılına kadar ülkelerin aşılama verilerini içermektedir. Şekil 1’de uygulanan aşı dozları en yüksek olan ilk 20 ülke görülmektedir.

Şekil 1’de görüldüğü gibi Güney Kore, Çin İtalya, Fransa ve Vietnam uygulanan aşı dozu en yüksek olan ilk 5 ülkedir.

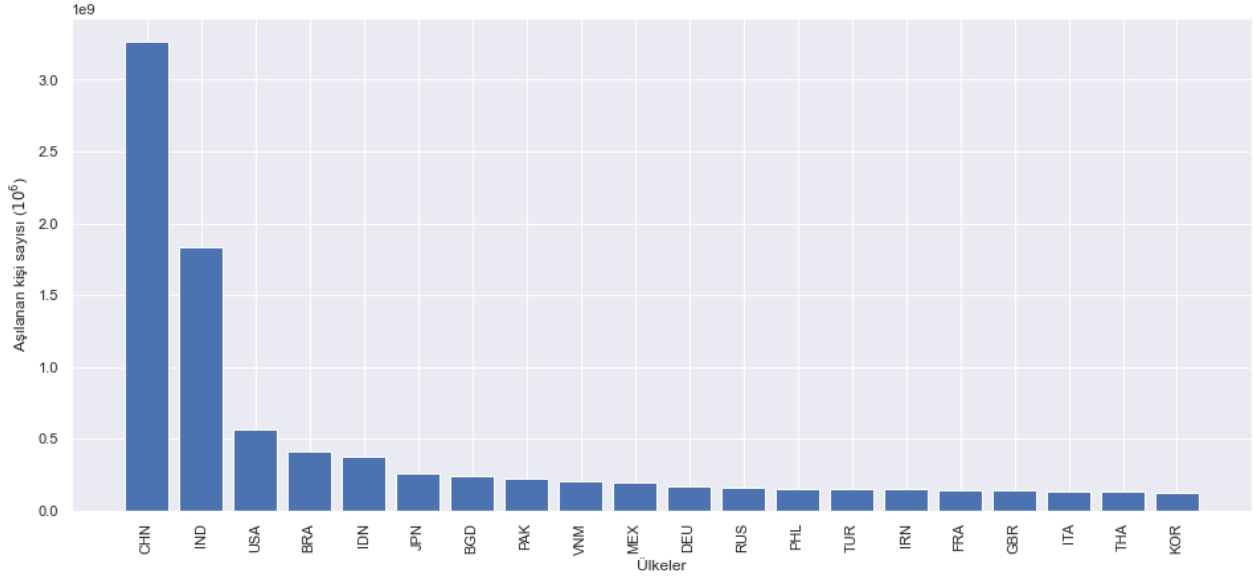
Şekil 2’de en fazla aşı yapılan ülkeler görülmektedir.

Şekil 2’de görüldüğü gibi Çin, Hindistan, ABD ve Brezilya gibi nüfus bakımından yoğun olan ülkeler, aşılama kişi sayısına göre önde gelmektedir.

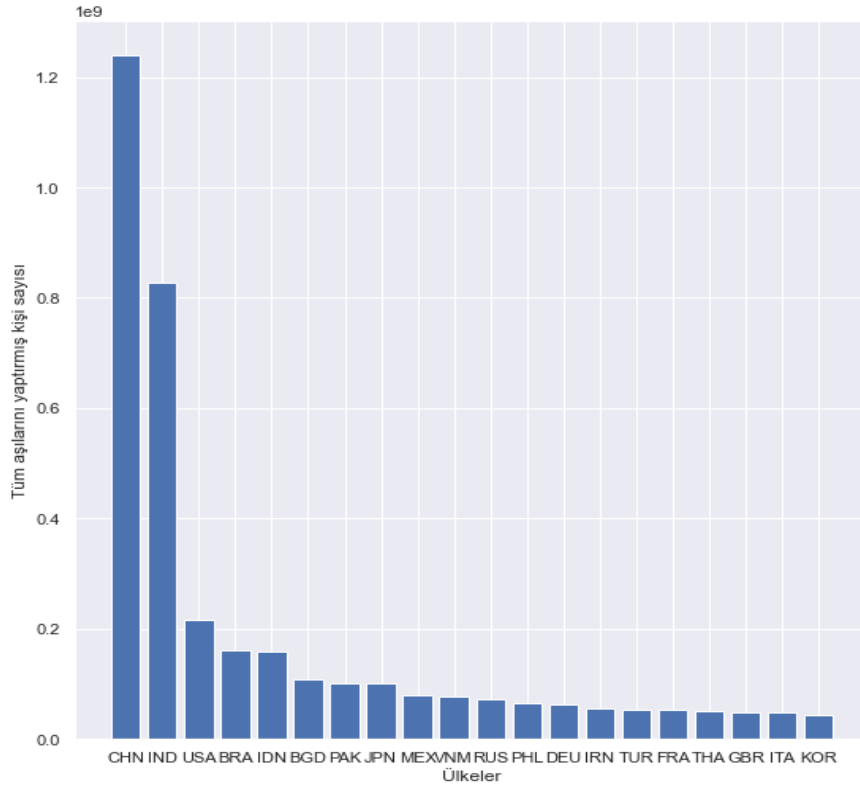


Şekil 1. Uygulanan aşı dozları ve tüm aşılarını yaptırmış kişilerin oranı en yüksek olan ilk 20 ülke

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1125729



Şekil 2. En fazla aşı yapılan ülkeler



Şekil 3. Ülkelere göre tüm aşılarını yaptırmış kişi sayıları

Şekil 3'te ülkelere göre tüm aşılarını yaptırmış kişi sayıları görülmektedir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi Çin, Hindistan, ABD, Brezilya ve Endonezya nüfus yoğunlukları itibarıyla tüm aşılarını yaptırmış kişi sayılarına göre öne çıkmaktadır.

### Veri Ön-işleme

Günlük yapılan aşı sayısını tahmin edebilmek için öncelikle verisetindeki 'Daily vaccinations' sütunu seçilmiştir. Günlük yapılan aşı sütunundaki eksik ve hatalı olan alanlar kontrol edilmiştir. Bu

çalışmada kullanılan aşılama verileri, zaman serisi verileridir. Zaman serisi verileri, belirli bir zaman indeksine bağlı, kronolojik olarak sıralanmış verilerdir. Zaman serisi verileri kullanılarak tahmin modellerinin geliştirilebilmesi için bu verilerin denetimli öğrenme problemi yapısına dönüştürülmesi gereklidir. Denetimli öğrenme problemleri, girdi değişkenlerinden çıktı değişkenlerinin nasıl tahmin edileceğinin belirlenmesini sağlayan problemlerdir. Girdi değişkeni olarak düzenlenen zaman indekslerinden bir sonraki zaman indeksindeki çıktı değişkeninin belirlenmesi yoluyla zaman serisi verileri denetimli öğrenme problemine dönüştürülebilir.

Zaman serisi verileri kayan pencere kullanılarak denetimli öğrenme problemine dönüştürülebilir. Kayan pencere yöntemi, pencerenin içine alınan zaman indekslerindeki değerler kullanılarak gelecekteki bir değer tahmin edilmesi temeline dayanmaktadır. Kayan pencerenin boyutu, önceki zaman adımlarının sayısına göre belirlenir. Bu çalışmada, kayan pencerenin boyutu 3 olarak seçilerek  $t_1$ ,  $t_2$  ve  $t_3$  zaman adımlarındaki veriler girdi,  $t_4$  zaman adımıdaki veri ise çıktı olacak şekilde yapılandırılmıştır.

Veriler denetimli öğrenme yapısına dönüştürüldükten sonra 0-1 aralığında normalize edilmiştir. Normalizasyonun amacı, verisetindeki sayısal sütunların değerlerini, değer aralığındaki farklılıkları bozmadan ortak bir ölçeğe değiştirmektir. Normalizasyon, geliştirilen modelin performansını ve eğitimin kararlılığını etkiler. Normalizasyondan sonra veriler %70 eğitim ve %30 test olarak ayrılmıştır. Eğitim verilerinin %10'u model doğrulaması için ayrılmıştır. Doğrulama verileri, model parametrelerinin optimizasyonu için kullanılmıştır. Karşılaştırılan modellerin en iyi sonuçları vermesi için GridSearchCV kütüphanesi kullanılarak parametre optimizasyonu yapılmıştır. GridSearch yönteminde, modelde test edilecek hiperparametreler ve değerleri için tüm kombinasyonlarla ayrı ayrı model kurulur ve belirlenen metriğe göre en başarılı hiperparametre seti belirlenir. Parametre optimizasyonu ile RMSE değerleri en düşük olan parametreler belirlenmiş ve modeller oluşturulmuştur. Modeller belirlenen hiperparametrelere göre oluşturulduktan sonra 10 kez çalıştırılarak elde edilen sonuçların tüm metrikler için ortalaması alınmıştır.

### Geliştirilen LSTM Tabanlı Tahmin Modeli

LSTM, uzun vadeli bağımlılıkları hatırlamadaki başarısı nedeniyle diğer derin öğrenme modellerine göre öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, önerilen LSTM tabanlı derin öğrenme modeli, DT, kNN, LR, RF, SVM, MLP, CNN ve RNN ile kapsamlı bir şekilde test edilmiştir. Geliştirilen LSTM tabanlı modelin mimarisi Şekil 4'te görülmektedir.

Bu çalışmada, LSTM modelini geliştirmek için ağ yapısı ve model parametrelerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Burada, uyarlanabilir optimize edicilerden biri olan Adam, tekrarlayan sinir ağlarındaki karmaşık eğitim dinamiklerini daha iyi ele almak için kullanılmıştır. Sonuçlar, LSTM katmanları eklenerek analiz edilmiştir. Ek olarak, gizli katman sayısı, eğitim sayısı, nöron sayısı ve yığın boyutu gibi hiperparametreler optimize edilerek LSTM'in en yüksek tahmin doğruluğunu elde etmesi sağlanmıştır.

### Hata Metrikleri

Regresyon problemlerinde üretilen tahminlerin doğruluğunu ölçmek için temel olarak RMSE, MAE ve  $R^2$  metrikleri kullanılmaktadır.

RMSE, hataların standart sapmasını ölçer. Veri kümesindeki gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkın karelerinin ortalamasının karekökünü ifade eder. RMSE, Eşitlik 1. kullanılarak hesaplanır. Burada  $y$  gerçek değerler,  $\hat{y}$  tahmin edilen değerler ve  $n$  ise örnek sayısıdır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2} \quad (1)$$

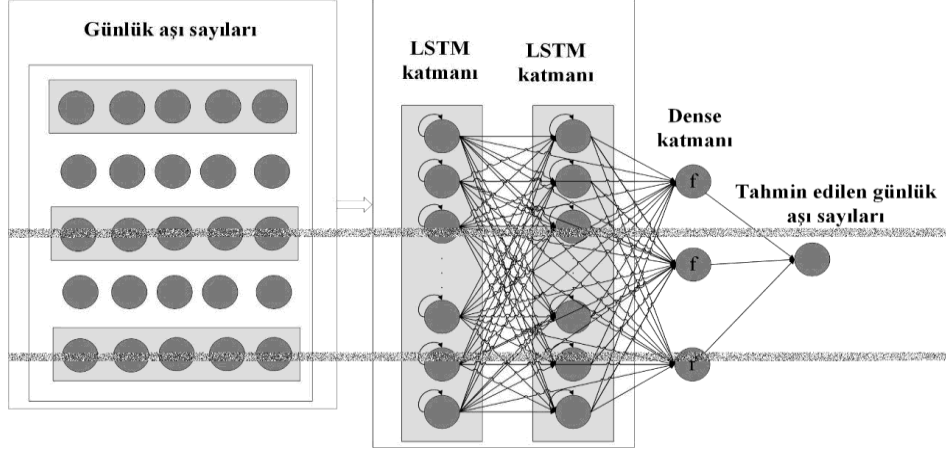
MAE, veri kümesindeki gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin ortalamasını ifade eder. Veri kümesindeki hataların ortalamasını ölçer. MAE, Eşitlik 2. kullanılarak hesaplanır.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y - \hat{y}| \quad (2)$$

$R^2$ , modellerin verisetine uyumunun bir ölçüsüdür.  $R^2$ , veri noktalarının regresyon çizgisi etrafındaki dağılımını değerlendirir. Aynı veriseti için, daha yüksek  $R^2$  değerleri, gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkın az olmasını ifade eder.  $R^2$ , Eşitlik 3. kullanılarak hesaplanır.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1125729

$$R^2 = \frac{\sum(y-\hat{y})^2}{(y-\bar{y})^2} \quad (3)$$



Şekil 4. Geliştirilen LSTM tabanlı tahmin modeli

## DENEYSSEL SONUÇLAR

Uygulanan aşı dozları en yüksek olan ilk 20 ülke için DT, kNN, LR, RF, SVM, MLP, CNN, RNN ve geliştirilen LSTM tabanlı derin öğrenme modelinin sonuçları RMSE, MAE ve  $R^2$  metriklerine göre karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

RMSE metriğine göre deneysel sonuçlar Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi geliştirilen LSTM tabanlı model, RMSE metriğine göre karşılaştırılan diğer modellere göre daha iyi bir tahmin performansına sahiptir. LSTM'den sonra, RNN, MLP, LR ve SVM karşılaştırılan diğer modellere göre daha başarılı sonuçlara sahiptir.

Tablo 3'te, MAE metriğine göre deneysel sonuçlar görülmektedir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi geliştirilen LSTM tabanlı model, MAE metriğine göre karşılaştırılan diğer modellere göre daha iyi bir tahmin performansına sahiptir. LSTM'den sonra RNN, MLP, LR ve SVM karşılaştırılan diğer modellere göre daha başarılı sonuçlara sahiptir.

Şekil 5'te görüldüğü gibi geliştirilen LSTM tabanlı model,  $R^2$  metriğine göre karşılaştırılan diğer modellere göre daha iyi bir tahmin performansına sahiptir. LSTM'den sonra, RNN, MLP, LR ve SVM karşılaştırılan diğer modellere göre daha başarılı sonuçlara sahiptir.

Deneysel sonuçlar geliştirilen LSTM tabanlı modelin karşılaştırılan diğer modellere göre daha başarılı bir tahmin performansına sahip olduğunu göstermiştir. LSTM'in bu çalışmadaki başarısı uzun vadeli gözlem dizilerini öğrenme yeteneği ile açıklanabilir. LSTM, karmaşık diziler ve büyük veri kümeleri üzerinde çalışıldığında parametrik modellerden ve standart tekrarlı sinir ağı mimarilerinden daha iyi sonuçlar elde etmektedir. LSTM, geleneksel doğrusal zaman serisi verilerini genelleştirebilen ve çalışmak için durağan veriler gerektirmeyen bir yapıya sahiptir. Ancak RNN gibi modeller durağanlığı sağlamak için seçilen aktivasyon fonksiyonunun doğrusal olmamasını gerektirir.

Tablo 2. RMSE metriğine göre deneysel sonuçlar

Kod	DT	kNN	LR	RF	SVM	MLP	CNN	RNN	LSTM
KOR	32716.06	35631.06	18623.11	28803.43	20209.69	18505.36	25439.16	19263.49	18485.28
CHN	450080.02	503102.81	170654.77	324949.15	212437.13	462700.09	325629.52	270616.81	195612.17
ITA	24769.14	26391.40	14537.24	25191.80	15766.86	15005.34	26250.57	14540.88	14446.04
FRA	25984.85	33645.18	17178.33	26318.19	21185.53	21184.77	38952.74	19032.37	16247.14
VNM	84172.93	81269.64	50513.93	72303.36	50144.90	53189.31	73908.29	50012.82	49422.34

GBR	107506.29	86833.72	18156.09	89542.13	21089.03	22686.68	37388.45	16208.88	14607.07
DEU	67268.11	71289.79	22274.98	67283.19	26745.11	44195.72	52457.44	35127.59	20909.15
JPN	34564.14	32851.16	22212.79	25477.86	21351.57	28592.70	32080.30	24138.26	21700.59
BRA	104567.47	115347.15	85150.98	101022.49	162591.72	89995.36	93320.41	178001.10	85195.16
THA	49340.64	46850.47	26483.48	42571.53	28169.41	27557.58	41354.06	26627.13	25179.84
TUR	37005.50	35363.01	13952.58	27835.75	14650.58	12654.27	18335.50	13024.72	12304.40
IRN	45888.12	44967.91	17554.94	44593.27	23040.69	23272.66	25355.04	20108.02	17147.39
USA	66543.84	78935.33	41326.81	63692.66	45941.18	45855.59	71050.58	43769.42	28120.82
MEX	159379.62	152098.55	124891.97	127156.98	125241.09	125395.87	152759.30	123138.90	121500.48
BGD	509859.52	584496.25	163273.27	486471.08	158162.20	167281.30	214600.76	195180.77	156870.88
IDN	97047.42	95981.80	73281.79	82650.02	73867.32	73334.53	83414.04	73262.34	73099.47
PHL	123711.39	121844.83	55528.21	115484.04	57171.11	63111.17	94922.06	53736.16	50238.99
IND	623631.15	610306.82	554253.86	529799.70	569677.28	535742.57	514448.54	561915.63	508728.67
RUS	84295.82	85485.78	65057.34	70346.80	64994.38	66540.62	75341.53	65553.75	64866.79
PAK	247491.03	252911.98	57973.66	245667.79	57551.48	69503.16	86859.86	62024.58	57217.20

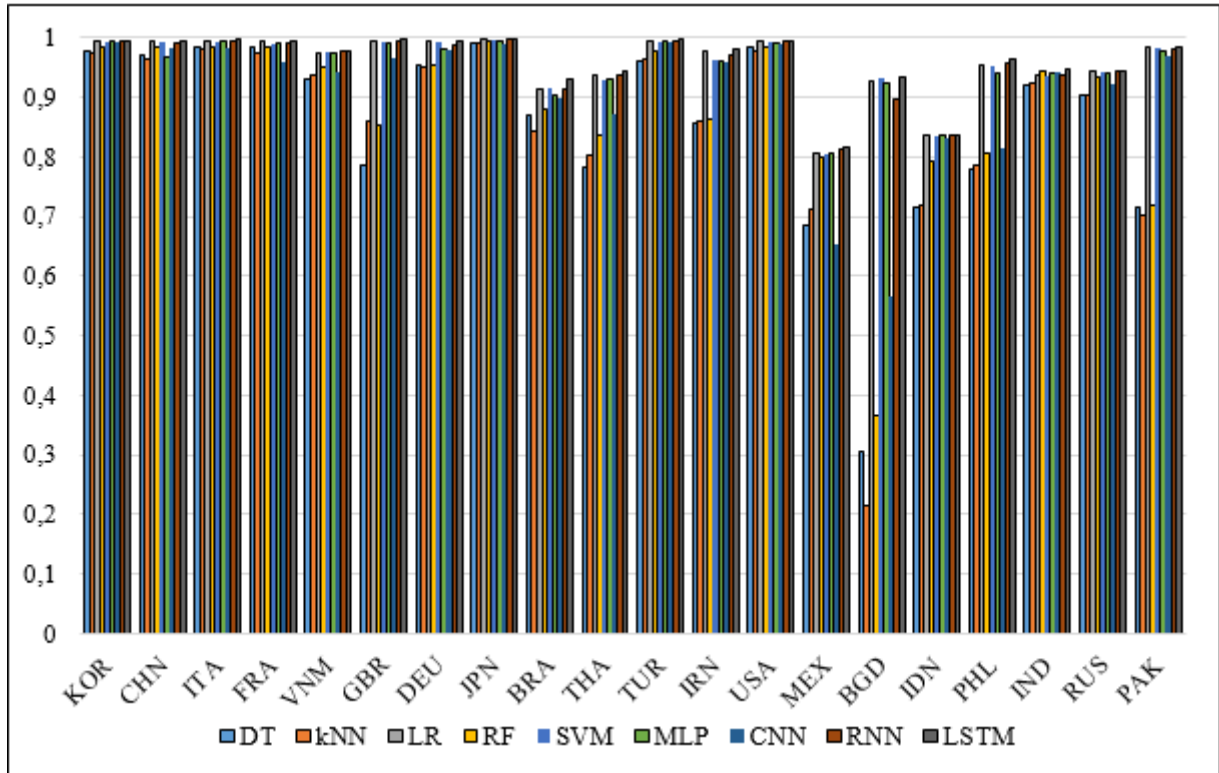
Tablo 3. MAE metriğine göre deneysel sonuçlar

Kod	DT	kNN	LR	RF	SVM	MLP	CNN	RNN	LSTM
KOR	23579.56	25827.37	11958.73	19858.37	15335.59	11105.30	15721.49	13948.36	11092.08
CHN	343043.61	388971.22	133312.66	234790.50	172925.04	319618.66	249176.99	201784.64	107526.44
ITA	16556.21	16853.95	6829.78	16854.92	8313.29	7254.60	18618.64	7032.90	6367.47
FRA	19113.30	22553.13	9116.49	19118.21	13435.99	11314.72	24683.58	12929.40	9029.13
VNM	64181.78	64922.54	37936.15	55881.56	38086.29	40431.99	58983.68	38752.46	37050.06
GBR	66541.66	49198.72	10235.49	50456.70	16170.27	10352.84	17485.12	11422.70	7445.50
DEU	38963.98	41995.77	14408.82	38191.54	22111.39	25941.69	31873.87	22687.94	12555.98
JPN	26966.72	26203.39	15614.56	19673.52	14833.56	19456.76	22737.11	16544.97	15488.15
BRA	78851.61	85085.14	90597.49	71725.93	56875.33	57768.31	61976.82	97515.39	56373.88
THA	35533.20	35364.95	14930.16	31575.67	18508.40	15113.96	24843.54	15087.12	14551.94
TUR	26522.38	24979.73	10314.23	19633.65	11092.75	7403.02	11312.76	6197.19	6107.36
IRN	37537.47	37182.01	13137.78	36349.47	19147.96	18136.93	19657.82	15824.17	12180.75
USA	46290.12	54836.69	20625.20	45971.43	26580.70	21574.68	38865.73	22328.01	17225.55
MEX	67385.68	64382.56	47791.49	50574.70	48056.13	47748.41	70425.18	46744.54	45974.23
BGD	252355.74	321327.06	94209.95	279065.03	85822.08	98555.78	143700.57	137393.55	84436.40
IDN	79386.72	75963.67	49081.34	57279.27	50083.40	48992.88	61213.51	50241.59	48865.01
PHL	69793.40	67008.25	33294.72	58285.73	35294.57	36717.05	54477.95	34110.93	32966.75
IND	430140.15	461875.30	388758.21	388929.15	404829.82	376615.94	371275.09	388043.45	364736.02
RUS	59106.03	58806.66	44625.14	48371.04	44242.26	46180.47	51481.88	44359.37	43963.45
PAK	129612.87	141745.53	43563.15	123780.21	44363.40	48769.28	66505.71	47077.08	43331.93

Tablo 4. R<sup>2</sup> metriğine göre deneysel sonuçlar

Kod	DT	kNN	LR	RF	SVM	MLP	CNN	RNN	LSTM
KOR	0.978	0.974	0.993	0.983	0.991	0.993	0.991	0.993	0.994
CHN	0.971	0.964	0.994	0.985	0.993	0.969	0.981	0.990	0.995
ITA	0.983	0.981	0.994	0.983	0.993	0.993	0.981	0.994	0.996
FRA	0.985	0.975	0.994	0.985	0.990	0.990	0.960	0.992	0.995
VNM	0.932	0.937	0.975	0.950	0.976	0.973	0.943	0.976	0.978
GBR	0.787	0.861	0.993	0.852	0.991	0.990	0.965	0.995	0.996

DEU	0.955	0.949	0.994	0.955	0.992	0.980	0.978	0.987	0.995
JPN	0.991	0.992	0.996	0.995	0.996	0.994	0.990	0.996	0.997
BRA	0.871	0.843	0.914	0.880	0.914	0.904	0.897	0.915	0.929
THA	0.783	0.804	0.937	0.838	0.929	0.932	0.870	0.937	0.944
TUR	0.962	0.965	0.994	0.978	0.994	0.995	0.991	0.995	0.996
IRN	0.855	0.860	0.979	0.863	0.963	0.962	0.960	0.972	0.982
USA	0.984	0.977	0.993	0.985	0.992	0.992	0.988	0.993	0.994
MEX	0.685	0.713	0.807	0.799	0.805	0.805	0.654	0.812	0.817
BGD	0.304	0.215	0.928	0.366	0.933	0.925	0.565	0.898	0.934
IDN	0.714	0.720	0.837	0.792	0.834	0.836	0.831	0.837	0.838
PHL	0.779	0.785	0.955	0.807	0.952	0.942	0.816	0.958	0.964
IND	0.921	0.925	0.938	0.943	0.934	0.942	0.942	0.937	0.947
RUS	0.905	0.902	0.943	0.934	0.943	0.940	0.923	0.943	0.944
PAK	0.714	0.702	0.984	0.719	0.984	0.977	0.968	0.982	0.985



Şekil 5. R<sup>2</sup> metriğine göre deneysel sonuçlar

## SONUÇLAR

Covid-19 salgını neredeyse dünyanın her ülkesindeki insanların yaşamlarını ciddi bir şekilde etkilemiştir. Hastalığın kesin bir tedavisi olmaması sebebiyle pandeminin gelecek seyrini tahmin etmek

zordur. Ancak hastalığın seyrini hafifletmek amacıyla aşılarda geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Mart 2022 yılına kadar ülkelerin aşılama verilerini içeren bir veri seti kullanılarak günlük yapılan aşı sayısını tahmin etmek için makine öğrenmesi ve derin öğrenme

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1125729

modellerinin uygulamalı bir analizi sunulmuştur. Yapılan toplam aşı sayısı ve nüfusa göre hesaplanan aşılama oranları en yüksek ilk 20 ülke belirlenerek bu ülkelerde günlük olarak yapılan aşı sayılarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. DT, kNN, LR, RF, SVM, MLP, CNN, RNN ve geliştirilen LSTM tabanlı derin öğrenme modeli RMSE, MAE ve R<sup>2</sup> metrikleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Geliştirilen LSTM tabanlı modelin karşılaştırılan modellere göre günlük yapılan aşı sayısı tahmininde en başarılı tahmin performansına sahip olduğu görülmüştür. LSTM'in ardından RNN, MLP, LR ve SVM karşılaştırılan diğer modellere göre daha başarılı sonuçlara sahip olmuştur. Geliştirilen model uygulanan ülkelerin tamamına yakınında 0.90'ın üzerinde R<sup>2</sup> değerine sahip olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşı ve enjektör gibi malzemelerin tedariği ile sağlık personellerinin çalışma saatlerinin planlanmasında ve aşı yaptıracak kişilerin gruplar halinde aşılmasında stratejiler geliştirmek için günlük hayata uyarlanabilir. Bu çalışma ile gelecekte günlük aşı miktarının tahmin edilmesi ile etkili bir model geliştirilmiş ve gelecekte bu alanda çalışacak araştırmacılar için bir referans kaynağı olmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada elde edilen başarı oranı hibrit yöntemler kullanılarak artırılabilir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

#### ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

#### KAYNAKLAR

- Abbasimehr, H. ve Paki, R. (2021). Prediction of COVID-19 confirmed cases combining deep learning methods and Bayesian optimization. *Chaos, Solitons & Fractals*, 142, 110511.
- Alassafi, M. O. Jarrah, M. ve Alotaibi, R. (2022). Time series predicting of COVID-19 based on deep learning. *Neurocomputing*, 468, 335-344.
- Alazab, M. Awajan, A. Mesleh, A. Abraham, A. Jatana, V. ve Alhyari, S. (2020). COVID-19 prediction and detection using deep learning. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 12 (June), 168-181.
- Arora, P. Kumar, H. ve Panigrahi, B. K. (2020). Prediction and analysis of COVID-19 positive cases using deep learning models: A descriptive case study of India. *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 110017.

- Bisgin, A. Sanlioglu, A. D. Eksi, Y. E. Griffith, T. S. ve Sanlioglu, S. (2021). Current update on severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 vaccine development with a special emphasis on gene therapy viral vector design and construction for vaccination. *Human Gene Therapy*, 32(11-12), 541-562.
- Bodapati, J. D. ve Veeranjanyulu, N. (2019). Feature extraction and classification using deep convolutional neural networks. *Journal of Cyber Security and Mobility*, 261-276.
- Che Azemin, M. Z. Hassan, R. Mohd Tamrin M. I. ve Md Ali, M. A. (2020). COVID-19 deep learning prediction model using publicly available radiologist-adjudicated chest X-ray images as training data: preliminary findings. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2020.
- Cucinotta, D. ve Vanelli, M., (2020). "WHO declares COVID-19 a pandemic." *Acta bio-medica: Atenei Parmensis*, vol. 91, no. 1, pp. 157-160.
- Daily and Total Vaccination for COVID-19 in the World from Our World in Data, <https://www.kaggle.com/datasets/gpreda/covid-world-vaccination-progress> (Erişim Tarihi: 20 Mart 2021)
- Franco-Lopez, H. Ek, A. R. ve Bauer, M. E. (2001). Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using the k-nearest neighbors method. *Remote sensing of Environment*, 77(3), 251-274.
- Ghritlahre, H. K. ve Prasad, R. K. (2018). Exergetic performance prediction of solar air heater using MLP, GRNN and RBF models of artificial neural network technique. *Journal of environmental management*, 223, 566-575.
- Gupta, A. Sardar, P. Cash, M. E. Milani, R. V. ve Lavie, C. J. (2021). Covid-19 vaccine-induced thrombosis and thrombocytopenia-a commentary on an important and practical clinical dilemma. *Progress in cardiovascular diseases*.
- Hazra, A. ve Gogtay, N. (2016). Biostatistics series module 6: correlation and linear regression. *Indian journal of dermatology*, 61(6), 593.
- Hou, R. Huang, C. R. Zhou, M. ve Jiang, M. (2019). Distance between Chinese registers based on the Menzerath-Altmann law and regression analysis. *Glottometrics*, 45, 24-57.
- Ibrahim, I. ve Abdulazeez, A. (2021). The role of machine learning algorithms for diagnosing diseases. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(01), 10-19.
- Jamal, M. Shah, M. Almarzooqi, S. H. Aber, H. Khawaja, S. El Abed, R. ... ve Samaranayake, L. P. (2021). Overview of transnational recommendations for COVID-19 transmission control in dental care settings. *Oral diseases*, 27, 655-664.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1125729


- Kızıloluk, S. ve Can, U. (2021). Kalite Test Fonksiyonları Kullanılarak Güncel Metasezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Karşılaştırılması. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 100-112.
- Lalmuanawma, S. Hussain, J. ve Chhakchuak, L. (2020). Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 (SARS-CoV-2) pandemic: A review. *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 110059.
- Laroui, S. Omara, H. LAZAAR, M. ve MAHBOUB, O. (2019). Comparative study of performing features applied in CNN architectures. In *ICCWCS 2019: Third International Conference on Computing and Wireless Communication Systems*, April 24-25, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University-Kénitra-Morocco (p. 313).
- Liu, G. ve Guo, J. (2019). Bidirectional LSTM with attention mechanism and convolutional layer for text classification. *Neurocomputing*, 337, 325-338.
- Liu, Y. Gong, C. Yang, L. ve Chen, Y. (2020). DSTP-RNN: A dual-stage two-phase attention-based recurrent neural network for long-term and multivariate time series prediction. *Expert Systems with Applications*, 143, 113082.
- Liu, Y. Liu, S. Wang, Y. Lombardi, F. ve Han, J. (2018). A stochastic computational multi-layer perceptron with backward propagation. *IEEE Transactions on Computers*, 67(9), 1273-1286.
- Nurcahyanto, H. Prihatno, A. T. Alam, M. M. Rahman, M. H. Jahan, I. Shahjalal, M. ve Jang, Y. M. (2022). Multilevel RNN-Based PM10 Air Quality Prediction for Industrial Internet of Things Applications in Cleanroom Environment. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022.
- Pinter, G. Felde, I. Mosavi, A. Ghamisi, P. ve Gloaguen, R. (2020). COVID-19 pandemic prediction for Hungary; a hybrid machine learning approach. *Mathematics*, 8(6), 890.
- Prasad, A. M. Iverson, L. R. ve Liaw, A. (2006). Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction. *Ecosystems*, 9(2), 181-199.
- Rahman, A. S. Shamrat, F. J. M. Tasnim, Z. Roy, J. ve Hossain, S. A. (2019). A comparative study on liver disease prediction using supervised machine learning algorithms. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(11), 419-422.
- Royer, H. D. ve Reinherz, E. L. (1987). T lymphocytes: ontogeny, function, and relevance to clinical disorders. *New England Journal of Medicine*, 317(18), 1136-1142.
- Rubin, R. (2021). COVID-19 vaccines vs variants—determining how much immunity is enough. *Jama*, 325(13), 1241-1243.
- Samaranayake, L. P. Seneviratne, C. J. ve Fakhrudin, K. S. (2021). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) vaccines: A concise review. *Oral diseases*.
- Sen, P. C. Hajra, M. ve Ghosh, M. (2020). Supervised classification algorithms in machine learning: A survey and review. In *Emerging technology in modelling and graphics* (pp. 99-111). Springer, Singapore.
- Shivanna, A. ve Agrawal, D. P. (2020). Prediction of defaulters using machine learning on Azure ML. In *2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)* (pp. 0320-0325).
- Song, Y. Y. ve Ying, L. U. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai archives of psychiatry*, 27(2), 130.
- Staudemeyer, R. C. ve Morris, E. R. (2019). Understanding LSTM—a tutorial into long short-term memory recurrent neural networks. *arXiv preprint arXiv:1909.09586*.
- Şengür, D. (2021). KOVİD-19 Salgını Sırasında Öğrencilerin Öğrenme Alışkanlıklarının Schur Ayırıştırma Tabanlı Dalgacık Aşırı Öğrenme Makineleri ile Tahmini. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 13-18.
- Tomppo, E. ve Halme, M. (2004). Using coarse scale forest variables as ancillary information and weighting of variables in k-NN estimation: a genetic algorithm approach. *Remote Sensing of Environment*, 92(1), 1-20.
- Wang, N. Shang, J. Jiang, S. ve Du, L. (2020). Subunit vaccines against emerging pathogenic human coronaviruses. *Frontiers in microbiology*, 11, 298.
- Wang, P. Zheng, X. Ai, G. Liu, D. ve Zhu, B. (2020). Time series prediction for the epidemic trends of COVID-19 using the improved LSTM deep learning method: Case studies in Russia, Peru and Iran. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140, 110214.
- Younis, M. C. (2021). Evaluation of deep learning approaches for identification of different coronavirus species and time series prediction. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 90, 101921.
- Zhang, L. ve Yan, W. Q. (2020). Deep learning methods for virus identification from digital images. In *2020 35th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)* (pp. 1-6). IEEE 39.
- Zhang, N. Cai, Y. X. Wang, Y. Y. Tian, Y. T. Wang, X. L. ve Badami, B. (2020). Skin cancer diagnosis based on optimized convolutional neural network. *Artificial intelligence in medicine*, 102, 101756.



## Backup Encryption and Encrypted Backup Operation Performance in SQL Server

Zühre Aydın

Energy Market Regulatory Authority, 06530 Çankaya, Ankara, Türkiye

zaydin@epdk.gov.tr 

Received date:24.02.2022, Accepted date: 30.08.2022

### Abstract

Database security features are important cases to be focused on database system development. However, using security features can affect the system's performance. Encryption database backup is a kind of security algorithm option that includes keys and certificates. It is essential for additional layer of security. This study aims to observe how Transparent Data Encryption (TDE) feature, as a solution tool for data security will impact the related database performance. In this study, there will be an overview of database backup encryption and encrypted backup operation through backup testing. Hence, the research will be conducted on backup testing for monitoring database system's performance when implementing TDE solution. The study will contribute to the literature with using backup encryption algorithms in terms of efficiency and benchmarking of encrypted backup operation performance with TDE by finding how significant performance change is happening.

**Keywords:** Backup encryption, backup operation performance, database security, extensible key management, transparent data encryption

## SQL Server'da Şifreli Yedekleme İşlemlerinde Performans

### Öz

Veritabanı güvenlik özellikleri, veritabanı sistemi geliştirmeye odaklanmak için önemli araçlardır. Ancak güvenlik özelliklerinin kullanılması sistemin performansını etkileyebilir. Şifreleme yöntemiyle gerçekleştirilen veritabanı yedeklemesi, anahtarları ve sertifikaları içeren bir tür güvenlik algoritması seçeneğidir. Ek güvenlik katmanı için gereklidir. Bu çalışma, veri güvenliği için bir çözüm aracı olan Şeffaf Veri Şifreleme (TDE) özelliğinin bulunduğu ilgili veritabanı performansını nasıl etkileyeceğini gözlemlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, ilgili veritabanında gerçekleştirilen yedekleme testi ile şifreli yedekleme işlemine genel bir bakış yapılacaktır. Bu nedenle araştırma, TDE çözümünü uygularken veritabanı sisteminin performansını izlemek için yedekleme performans testleri üzerinde duracaktır. Çalışma, veritabanı yedek şifreleme algoritmalarını kullanarak, TDE ile şifrelenmiş yedekleme operasyonu performansının ne derece performans değişikliğine sebep olduğunu bularak verimlilik ve kıyaslama bulgularıyla literatüre katkıda bulunacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yedek şifreleme, yedekleme işlemi performansı, veritabanı güvenliği, genişletilebilir anahtar yönetimi, şeffaf veri şifreleme

### INTRODUCTION

Data security is important to save the data from data threats such as; unauthorised database access, unauthorized transactions, backup theft, database injections, DDoS attacks, malicious attacks or phishing activities. Database security includes the layers for data level, user-level and system level. Organisations must take measures to ensure fast recovery, and always have a backup available for saving and maintaining the data. The aim of a theft

operation against databases is to gain data from related database or to accessing the instance. If they can reach to backups then they don't need to access database instance. Because stoled database can be restored onto their own instance.

Encryption in databases relates with selecting, implementing and managing encryption keys an encrypting algorithm. Public, private, and symmetric encryption keys are used to keep data safely.

SQL includes TDE, Always Encrypted (AE), Dynamic Data Masking (DDE) database security solutions within certificates and asymmetric keys that give information about using Public Key Cryptography (PKC) (Guyer et al. 2019, Alain et al. 2019).

TDE provides opportunities of real time I/O encryption and decryption of data files. The encryption uses a symmetric database encryption key (DEK). This key is secured by a certificate on master database or by an Extensible Key Management (EKM) module protected asymmetric key (Guyer et al. 2019).

A database administrator's responsibility is heavy because of gigantic amount of data, millions of rows that relates with the processes of big managements. Apart from keeping the data secure, a database administrator has to keep the system up and running. An unauthorized access to the system, could simply restore a copy of database. So, the encrypted backup solutions of related systems should be implemented. Ensuring the security of database backups are equally needed and important for the security of the database itself. Reliable and full backups are an essential part of recovery. This study outlines common database backup security encryption concepts and performance with TDE in SQL database and why it should be implemented to maintain the data security and integrity. Backup testing operations show how system performance changes when TDE enabled or disabled.

In these contexts; there are literature studies studied on data security, database level precautions and database encryption. Mukherjee (2018) studied on database encryption methodologies in SQL database and gave an overview on TDE, Cell Level Encryption (CLE) at disk level security and AE encrypts at column level security. Soni et al. (2019) stated that, backup data is essential for availability and maintainance of database. Bouchti et. Al. (2020), proposed solutions to protect the keys of different database encryption algorithms for columns level and tables level. They emphasized that a database encryption algorithm should provide a strong security. Malik et. Al. (2016) discussed possible database attacks and gave collected information of

different threats and database security. Madyatmadja et. al. (2021), performed performance testing on TDE enabled databases and found out that TDE is useful and necessary for database security and it adds a security level on the system although it shows a very little performance disadvantages on CPU usage. Shmuelia et. al. (2014) benchmarked architectures of database encryption systems and presented that these encryption architectures have a high level of security, but they show a significant impact on performance and on application layer, so they suggested a novel architecture based on encryption module within the database management system. Cherry (2015) researched potential attack vectors on SQL Server databases and how to protect databases from these attacks. Nakamura et. al. (2003), proposed a non-deterministic model for database backups with an optimal interval solution under suitable situations. Deshmukh et. al. (2011) studied on creation ways of master key, certificate that protected by the master key on SQL Server 2008. TDE feature encrypts files and logs in real time at disk level (Coleset al. 2008, Hammouchi et al.2019). This provides a solution where data can be secured by using a DEK, and this can prevent the prospect of using data without having a key and increasing the security of the database by preventing unauthorized access,. TDE provides protection to open the data contents of physical files (Guyer et al. 2019, Alain et al. 2019).

## MATERIAL AND METHODS

Backups are copies of application data that stored on backup media. Backup medias should be in a secure physical location. Securing database backup is concern of data-level, user-level and server-level security. In addition, a database admin can secure backups with regular tests, more than one copies, role based multiple-factor authentication for the database backups, 3 2 1 backup approach and backup encryption. Here, the 3 2 1 implies having 3 copies of production data 2 different media sets with at least 1 copy off site for disaster recovery. In the study, there will be use of backup encryption for reducing the risks and threads of backups in SQL Server.

**Table 1.** Trial system model details

		Trial System with TDE	Trial System without TDE
<b>Operating System</b>		Windows Server 2019	Windows Server 2019
<b>CPU</b>		Intel® Xeon® E5-2630 v3 @ 2.40GHz (2 CPUs)	Intel® Xeon® E5-2630 v3 @ 2.40GHz (2 CPUs)
<b>Memory</b>		32 GB	32 GB
<b>Database System</b>	<b>Management</b>	SQL Server 2019	SQL Server 2019

**Securing Database Backup**

The study will carry out backup performance testing to monitor system’s performance within TDE. In addition; study will monitor the efficiency based on CPU usage, read/write rates and backup duration of database backup. The trial system model details is given as in Table1.

Backup testing shows how the system performance can be affected by a backup operation after implemented security measurement, TDE. The aim of backup testing is to show how and in how much time a secured or unsecured database system can restore related data when there is a data loss. Backup testing can find out how a backup can be affected by the performance of the existing transaction through repeated tests in different times. The study will conduct the tests by a backup process using compressed and uncompressed backups on trial system with TDE and on trial system without TDE. The database size that will be backed up is 41548.75 MB. We will then record the time for the backup process by displaying the time before and after the backup in milliseconds. We use SQL Server Management Tools (SSMS) to perform backup queries and gain time to perform backup activities. Thus, backup testing can help the examiner to determine the performance.

**Encryption hierarchy process and TDE**

SQL Server has the capability of encrypting backups to ensure that stolen backups cannot be restored. During encrypting backups, an encryption algorithm and an encryptor should be specified for the encryption key [2]. SQL Server supports the AES 128, AES 192, AES 256, and Triple DES as encryption algorithms and a certificate or asymmetric

key as encryptors. SQL Server keeps encryption keys on a secure key manager. To encrypt a database, database admins must be sure about that master database includes a master key. Catalog views related to encryption in SQL Server are; sys.dm\_database\_encryption\_keys includes encryption key information and state of encryption, sys.symmetric\_keys, sys.asymmetric\_keys, sys.certificates and sys.database\_principals. These catalog views give information about database symmetric keys, and certificates installed in the related instance. The sys.database\_principals catalog view gives information about the principals.

SQL Server’s cryptography methodology depends on a hierarchical processes of encryption keys and related certificates on master database. Backup encryption processes include; Transact SQL (T-SQL) functions, asymmetric keys, symmetric keys, certificates and TDE. In asymmetric encryption process there are a public key for encryption and a private key for decryption. Asymmetric encryption is a methodology of Public Key Infrastructure (PKI) and Public Key Cryptography (PKC).

TDE executes encryption and decryption within the database engine itself. EKM gives to SQL Server the ability to store the encryption key for key security and management. Asymmetric and symmetric keys are stored in SQL Server EKM module.

In the SQL Server encryption hierarchy if there is no master key, creation of master key on master database should be provided by CREATE MASTER KEY statement. After that the system needs a backup of certificate kept in master database safely. This certificate will be in secure with created database master key and will be utilized to encrypt the related

database backup. The CREATE CERTIFICATE command can be used to get a certificate from a trusted Certificate Authority (CA), to generate a key pair and to create a self-signed certificate for database-level security. After creation of backup certificate, master key backup should be taken and backup certificate should be exported to a file. It is critical that you backup the master DB key and the database backup certificate to a secure location.

### **Encrypt the backup with TDE built-in security mechanisms**

After the creation of master key and certificate files, full backup encryption can be performed by

```
BACKUP DATABASE [BackupEncrypted]
TO DISK N'C:\Tmp\BackupEncrypted_FULL.bak'
WITH COMPRESSION, ENCRYPTION (
ALGORITHM = AES_256,
SERVER CERTIFICATE
=MasterCert_BackupEncrypted),
```

statement for AES\_256 algorithm.

This statement shows us encrypting a SQL Server database full backup process during by using SQL Server's built-in security mechanisms.

Differential and log backup encryption can also be performed with SET ENCRYPTION ON command by using SQL Server's built-in security mechanisms. However, inserting a data entry for testing data verification is important before the backup encryption. Also before the log and differential backup operation, verifying some of data is important.

Checking the encrypted backup SQL statement for backup media set, algorithm of the key, encryptor information, compression status and database name is essential after backup process.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### **Effects of TDE on backup performance**

Backup operations have many impacts on performance due to disk I/O load, CPU rates and memory usage. This study shows how TDE solution affects database backup performance with a backup operation test. The related tests performed on both TDE enabled compressed and uncompressed, TDE disabled compressed and uncompressed full backup operations. Tests results' are shown in Table 2 that includes CPU as time spent on CPU in milliseconds, reads and writes as read or written pages count during the query, duration as the total backup process time. Considering the different load processes on the server, the backup performance test implemented 3 times on SQL Server 2019 during backup operations. Table 2 and Table 3 includes average results of 3 times repeated backup tests.

Table 2 and Table 3 shows that having TDE enabled on compressed backup there is a little high usage of CPU during backup operation because each data page being read from to the disk or written to the disk must be encrypted and that affects performance of entire workload . In addition, TDE enabled backup operation duration is longer than TDE disabled depending on backup compression. Since the backed up database file has 41548.75 MB size TDE enabled uncompressed backup operation duration is the longest process. TDE enabled uncompressed backup operation has the biggest Cpu usage also. From the results, the study shows that TDE feature affects CPU usage and process duration. This is because of the backup process encrypted by the DEK that takes longer for the security of the backup file.

**Table 2.** Results of compressed backup tests

<b>Compressed Backup</b>				
	<b>Cpu (Ms)</b>	<b>Reads</b>	<b>Writes</b>	<b>Duration (Ms)</b>
<b>TDE Enabled</b>	5580	408	16	309600
<b>TDE Disabled</b>	5362	367	14	183552

**Table 3:** Results of uncompressed backup tests

<b>Uncompressed Backup</b>				
	<b>Cpu (Ms)</b>	<b>Reads</b>	<b>Writes</b>	<b>Duration (Ms)</b>
<b>TDE Enabled</b>	7995	422	19	749600
<b>TDE Disabled</b>	5520	345	14	250200

**CONCLUSION**

Data theft can be occurred by stealing backup media of an instance. The mitigation of backupmedia theft can be provided through the encryption of data and log files within TDE SQL Server solution. In TDE solution, backups can't be restored unless the certificate is available.

In the study; the backup encryption and performance impact of TDE is shown on TDE enabled and disabled database backups through. The results can be affected by database size, data compression, parallel backup operations, network and backup device quality.

This study tried to emphasize the processes, advantages and backup performance of TDE enabled databases. Since there is a very little performance decreasing on TDE eabled systems, database admins can use TDE enabled security solutions on databases safely if system hardware and network quality is sufficient.

**CONFLICT OF INTEREST**

The author report no conflict of interest relevant to this article

**RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT**

The author declares that this study complies with research and publication ethics.

**REFERENCES**

Alain, N., Kibe, A., Cheruiyot and W. K., (2019). "International Journal of Scientific Engineering and Technology," Use of Enhanced Transparent Data Encryption to Protect Database Against Exposure of Backup Data, pp. 477-481.

Bouchti, K. El, Ziti, S., Omary, F. and Kharmoum, N. (2020). New Solution Implementation to Protect Encryption Keys Inside the Database Management System, *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* Vol. 5, No. 2, 87-94.

Carter, P. (2018). *Securing SQL Server: DBAs Defending the Database*, ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-4160-8, Apress

Cherry, D. (2015). *Database Backup Security Securing SQL Server (3rd Edition) Protecting administrator Database from Attackers*, pp. 293-311.

Coles, M. and Landrum, R. (2008). *Expert SQL Server Encryption*, Springer Natur, 2011. Page 11/17

Deshmukh, A.P. A. and Qureshi, G. R. (2011). Transparent Data Encryption- Solution for Security of Database Contents, (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No.3.

Guyer, K., V. Milener, G. and Ray, M. (2019). "Transparent Data Encryption (TDE). [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/enus/sql/relationaldatabases/security/encryption/transparent-data-encryption?view=sql-server-ver15>.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1077979

- Hammouchi, H., Cherqi, O., Mezzour, Ghogho, G. M. and Koutbi, M. E. (2019). "International Symposium on Machine Learning and Big Data Analytics for Cybersecurity and Privacy," Digging Deeper into Data Breaches: An Exploratory Data Analysis of Hacking Breaches Over Time, pp. 1004-1009.
- Madyatmadja, E.D., Nur Hakim, A., D. And Sembiring, J. M., (2021). Performance Testing on Transparent Data Encryption for SQL Server's Reliability and Efficiency, Journal of Big Data.
- Malik, M. and Patel, P. T. (2016). Database security attacks and control methods. International Journal of Information 6.1/2, 175-183.
- Mukherjee, S. (2018). Popular SQL Server Database Encryption Choices, SSRG International Journal of Computer Science and Engineering (SSRG-IJCSE) – Volume X Issue.
- Nakamura, S., Qian, C. and Fukumoto, S. (2003). Optimal backup policy for database system with incremental and full backups", Mathematical and Computer Modelling, vol. 38, no. 11–13, pp. 1373-1379.
- Shmuelia, E., Vaisenberg, R. and Gudesc, E. (2014). Implementing database encryption solution design and implementation issues, Computers & Security., vol. 44, pp. 33-50.
- Soni, S. and Mathew R. (2019). Database Security: Attacks and Solutions, Proceeding of the International Conference on Computer Networks, Big Data and IoT.

## CuMnO<sub>2</sub> Filmlerini Yapısal ve Optik Özellikleri Üzerinde Tabaka Kalınlığının Etkisi

Şilan Baturay<sup>1</sup>, Canan Aytuğ Ava<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Doğa Bilimleri Enstitüsü, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

silan@dicle.edu.tr<sup>ID</sup>, \* cananaytug@hotmail.com<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi:07.04.2022, Makale kabul tarihi:30.08.2022

### Öz

Çalışmada, farklı tabaka kalınlıklarda mezogözenekli CuMnO<sub>2</sub> ince filmler dönel kaplama tekniği kullanılarak cam alttaş üzerine biriktirilmiştir. Elde edilen örneklerin fiziksel özellikleri X-ışını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskopu (SEM), atomik kuvvet mikroskopu (AFM) ve UV-Vis ölçüm sistemi kullanılarak incelenmiştir. XRD analizi kullanılarak örneklerin mikro yapı, stres değeri, kristal büyüklüğü ve dislokasyon yoğunluğu hesaplandı. SEM görüntüleri elde edilen örneklerin küresel benzer nano yapıların oluştuğunu ve nanoparçacıkların sayısının kalınlığa bağlı olarak arttığı göstermektedir. SEM görüntülerinden elde edilen yüzey özellikleri AFM görüntüleri ile doğrulanmaktadır. FEI Quanta 250 FEG taramalı electron mikroskopu (SEM) ile örneklerin tabaka kalınlığı yaklaşık olarak CuMnO<sub>2</sub>(I) için 157, CuMnO<sub>2</sub>(II) için 684 ve CuMnO<sub>2</sub> (III) için 935 nm civarında ölçülmüştür. Örneklerin enerji bant aralığı ve soğurma değerleri 300-1100 nm aralığında UV-vis cihazı kullanılarak analiz edildi. Örneklerin soğurma değeri filmin kalınlığının artmasına bağlı olarak değişmiştir. Enerji bant aralığı değeri ise, kalınlığın değişimine bağlı olarak radikal bir şekilde 1.78'den 1.92 eV'ye artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İnce film, soğurma, Uv-vis, XRD

## The Effect of Layer Thickness on Structural and Optical Properties of CuMnO<sub>2</sub> Films

### Abstract

In this study, mesoporous CuMnO<sub>2</sub> thin films with different layer thicknesses were deposited on glass substrate using spin coating technique. The physical properties of the obtained samples were investigated using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), atomic force microscope (AFM) and UV-Vis. Microstructure, interplanetary distance, crystal size and dislocation density of the samples were calculated using XRD analysis. SEM images show that spherical nanostructures of the samples are formed and the number of nanoparticles increases depending on the thickness. Surface features obtained from SEM images are confirmed by AFM images. The layer thickness of the samples was measured as 157 nm for CuMnO<sub>2</sub>(I), 684 nm for CuMnO<sub>2</sub>(II) and 935 nm for CuMnO<sub>2</sub>(III) with an FEI Quanta 250 FEG scanning electron microscope (SEM). The energy band gap and absorption values of the samples were analyzed using a UV-vis device in the range of 300-1100 nm. The absorption value of the samples changed depending on the change in the thickness of the film. The energy band gap value increased radically from 1.78 to 1.92 eV depending on the increase in thickness.

**Keywords:** Thin film, absorption, Uv-vis, XRD

## GİRİŞ

Son yıllarda metal oksit nanomalzemelerin elde edilmesi optoelektronik, fotokataliz, manyetik cihazlar, toz metalurjisi, gaz sensörleri ve korozyon önleme gibi alanlarda kullanılması nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Nanoyapılı metal oksitler, saf malzemelere kıyasla benzersiz fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmasından dolayı geniş çapta araştırılmıştır (Dar ve ark., 2009; Hou ve ark., 2010; Yue ve ark., 2006; Ziabari ve Ghodsi, 2011). Metal oksit ince filmler nanoyapılı malzemelerin önemli bir grubunu oluşturmaktadır. Bu malzemelerden krednerit-CuMnO<sub>2</sub>, Mn<sup>+3</sup> iyonlarının Jahn-Teller etkisinden dolayı yüksek sıcaklıklarda delafossit (Wei ve ark., 2010) yapıya sahiptir. Mangan, Mn<sup>+2</sup>, Mn<sup>+3</sup> ve Mn<sup>+4</sup> gibi değişken oksidasyon durumlarına sahip bir geçiş metalidir. Manganın oksidasyon durumundaki herhangi bir değişim, mangan oksit nano malzemesinin elde edilmesindeki oluşum koşullarına büyük ölçüde bağlıdır. Mangan dioksit (MnO<sub>2</sub>), hem çevresel hem de ekonomik açıdan en ilgi çeken inorganik metal oksit malzemelerinden biridir. Biosensor (L. Li ve ark., 2010), kataliz (Liang ve ark., 2008), elektrokromik çok katmanlı nano kompozit film (Sakai ve ark., 2005) elektromanyetik dalga emici katmanlar ve yüksek performanslı elektrokimyasal elektrot (Yuping ve ark., 2010) ve enerji depolama (D. Liu ve ark., 2009) gibi uygulamalarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Katkı maddesi filmin fiziksel ve kimyasal özelliğini iyileştirme yönündeki en önemli parametrelerden biridir. MnO<sub>2</sub>'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri, teknolojiye kullanılan uygulamalar için farklı geçiş elementleri (Ag, Co, Ti ve Fe) ile değiştirilebilir (Kataoka ve ark., 2020; D. Li ve ark., 2016; Y. Liu ve ark., 2017; Zahan ve Podder, 2020). Örneğin; Bambu kömürü (BC) katkılı MnO<sub>2</sub> partiküllerinin, kapasitörlerin elektrokimyasal performansını arttırdığı öne sürülmüştür (Zhang ve ark., 2015). Al katkılı MnO<sub>2</sub> (Y. Li ve Xie., 2010), Ag katkılı MnO<sub>2</sub> (Y. Wang ve Zhitomirsky, 2011) ve bor katkılı MnO<sub>2</sub> (Chi ve ark., 2015) gibi delafossit bileşikler elektrokimyasal kapasitörler için önerilmiştir. CuMnO<sub>2</sub> ince filmleri elde etmek için, atmalı lazer depolama (Hiraga ve ark., 2009), katı-durum reaksiyon (Bessekhouad ve ark., 2003), hidrotermal metot (Bahmani ve ark., 2019; L. Wang ve ark., 2017), dönel kaplama (Lazau ve ark., 2021) ve sol-gel (Benreguia ve ark., 2016) gibi çeşitli depolama tekniği kullanılmaktadır. Film biriktirme sürecinde

depolama yöntemi, tavlama sıcaklığı, tavlama yapılan atmosfer, pH değeri ve katkı malzemesi gibi parametrelerden herhangi birinin değişimi, filmin kristal, yüzey ve optik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin; Tanaydın ve ark. (2020) bakır (II) iyonlarının absorpsiyonunu üzerinde etkili olan ppm cinsinden başlangıç derişimi, pH değeri ve temas süresi gibi farklı parametreleri incelenmişler. Kurt ve Çelik, (2017) bakır kompleksinin dört farklı paramanyetik merkeze sahip olduğunu ve aynı zamanda bakır (II) iyonunun bulunduğu çevrenin rombik simetriye sahip olduğunu gösterdiler.

Son zamanlarda, nanoyapılı Cu katkılı MnO<sub>2</sub> ince filmler bazı araştırmacılar tarafından üretildi ve bu filmlerin elektrokimyasal davranışı, yapısal, morfolojik ve manyetik özelliklerini incelendi (Hashem, ve ark., 2011; Poonguzhali ve ark., 2015; Su ve ark., 2014). Şimdiye kadar yapılan çalışmaların çoğunda ince filmlerin elektrokimyasal özelliklerine odaklanılmıştır; bu nedenle, optik ve yapısal özelliklerin bilgisi literatürde oldukça sınırlıdır. Bu özellikler değerlendirildiğinde, farklı biriktirme koşullarında hazırlanan ince filmlerin optik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi değerlidir. Bu çalışmada, verimli, uygun maliyetli ve basit bir hazırlama yöntemi olan dönel kaplama tekniği kullanılarak farklı kalınlıkta CuMnO<sub>2</sub> ince filmleri elde edilmiş ve bu filmlerin kristal, yüzey ve optik özellikleri incelenmiştir. Tabaka kalınlığının değişiminin, CuMnO<sub>2</sub> üzerindeki kristal yapıya ve yapısal özelliğe etkisi XRD kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca filmlerin yüzey özellikleri SEM ve AFM analizleri ile incelenmiştir. Filmlerin soğurma ve optik enerji bant aralığı değişimleri UV-Vis spektrofotometresi kullanılarak analiz edilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Dönel kaplama metodu kullanılarak cam alttaş üzerine CuMnO<sub>2</sub> ince filmler biriktirmek için önce 0.1 M bakır(II) asetat (Cu(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>•H<sub>2</sub>O) ve 0.1 M ve mangan(II) asetat tetrahidrat (Mn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>•4H<sub>2</sub>O) kullanılarak 50 ml etanol içinde ayrı ayrı çözdürülmüştür. Homojen bir çözelti elde etmek için bu çözeltiler 12 saat boyunca oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı üzerinde titreştirilmiştir. Elde edilen bu çözeltiler 1:1 oranında mangan(II) asetat tetrahidrat çözeltisine bakır(II) asetat eklenerek 3 saat oda sıcaklığında titreştirilmiştir. Filmler büyütülmeden önce, kaliteli temiz ve homojen film elde etmek için cam alttaşlar



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1099982

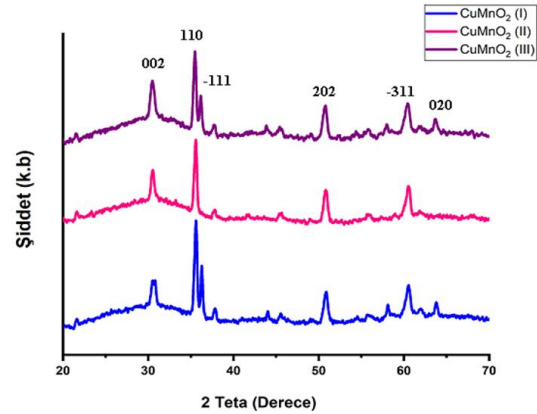
ilk olarak 105 °C’de 20 dakika 5:1:1 oranında iyonize su, amonyak (NH<sub>3</sub>) ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) içinde kaynatılmıştır. Daha sonra yıkanan alttaşlar aynı sıcaklık ve süre zarfında iyonize su, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve hidroklorik asit (HCl) karışımı içinde kaynatılmıştır. Temizlenen cam alttaşlar iyonize suda yıkandıktan sonra sırasıyla aseton ve etanol da 3 dakika boyunca titreştirilmiş ve azot gazı altında kurutulmuştur. Üç farklı kalınlıkta ince film elde etmek için, çözeltiler 65 s boyunca 1500 rpm ye ayarlanmış dönel kaplama cihazında üç farklı kalınlıkta film elde edilecek şekilde alttaşlar üzerine büyütüldü ve elde edilen filmlerin tabaka kalınlığı büyütme işlemi tamamlandıktan sonra ölçüldü. Büyütme işlemi süresince, örneklerin her bir tabakası, daha önceden 220 °C’ye ayarlanmış sıcak plaka üzerinde on dakika ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. Örneklerin hazırlanması süresince yukarıda bahsedilen işlemler tamamlandıktan sonra, elde edilen filmler altmış dakika 500 °C sıcaklıkta kuartz fırın içinde hava ortamında 1 saat boyunca tavlandı. Elde edilen örneklerin kristal yapı ve faz analizi özelliklerinin belirlenmesi için XRD kırınım cihazı (XRD: Cu K<sub>α</sub> ışınımı, λ=1.540056 Å) kullanıldı. Örneklerin yüzey özellikleri FEI Quanta 250 FEG taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve XE 100 atomik kuvvet mikroskopu (AFM) cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Örneklerin optik özellikleri 300-1100 nm dalgaboyu aralığında oda sıcaklığında Shimadzu UV-3600 spektrofotometresi kullanılarak analiz edilmiştir.

## SONUÇ ve TARTIŞMA

### Yapısal Özellik

Dönel kaplama metodu kullanılarak 500 °C’de farklı kalınlıklarda hazırlanan CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin XRD spektrumu Şekil 1’de gösterilmiştir. Spektrum incelendiğinde, CuMnO<sub>2</sub>’ye ait pikler dışında herhangi bir pik mevcut değil bu da elde edilen örneklerin homojen olduğunu göstermektedir. Şekil incelendiğinde, CuMnO<sub>2</sub> örnekleri için yaklaşık olarak 2θ=31°, 36°, 51° ve 60°’de sırasıyla (002), (110), (202) ve (-311) yönelimlerine sahip piklerin oluşumunu görülmektedir. (002) ve (110) ve yönelimli piklerin şiddetinin, tabaka kalınlığının artışına bağlı olarak değiştiği ve diğer piklerin şiddetinin neredeyse aynı kaldığı görülmüştür. Piklerin şiddetindeki değişim ve yüksek açılara doğru piklerin kayması, kristal yapı üzerinde tabaka kalınlığının etkisini göstermektedir. Filmin simetrisi

değişmediği halde nanoyapının kristal yapısı değişmiştir. Gözlenen pik değişimi örgü yapısı ve Cu<sup>2+</sup> (0.73 Å) ile Mn<sup>2+</sup>(0.67Å) arasındaki iyonik yarıçap farklılığındandır. Elde edilen pikler önceki çalışmalar ile uyumludur (Chen ve Hsu, 2014).



Şekil 1. CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin XRD spektrumu

Kalınlık artınca ortaya çıkan küçük piklerin şiddeti Cu<sup>2+</sup> iyonik yarıçapının Mn<sup>2+</sup> iyonik yarıçapından büyük olmasından dolayı değişmiştir. Bu da filmin kalınlığının kristal yapıyı değiştirdiğini göstermektedir. Piklerin yönelimi, radyan cinsinden tam genişlik yarı maksimum (FWHM) değeri, stress ve dislokasyon yoğunluğu (δ) değeri XRD spektrumundan elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 1’de gösterilmiştir. Scherrer eşitliği kullanılarak CuMnO<sub>2</sub> filmlerine ait kristal büyüklüğü (Holzwarth ve Gibson, 2011) hesaplandı.

$$D = \frac{0.94\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

Burada, *D* m cinsinden filmin kristal büyüklüğü, λ dalga boyu olup 1.5406 Å değerine sahiptir, β radyan cinsinden FWHM değerini ve θ Bragg kırınım açısını ifade etmektedir. Filmlere ait piklerin kristal büyüklüğü Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde kristal büyüklükleri filmin tabaka kalınlığına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Kirupa ve ark. (2016) elde edilen ince filmlerin kristal büyüklüğünün konsantrasyon artışına bağlı olarak daha fazla O<sub>2</sub> oluşmasından kaynaklı olarak azaldığını belirttiler.

Bragg eşitliği kullanılarak filmlere ait *d* değeri teorik olarak eşitlik (2) kullanılarak hesaplanmış ve

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1099982

deneysel olarak elde edilen  $d$  değeri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (2)$$

Burada  $d$  düzlemler arası mesafe ve  $n$  kırınım mertebesini ifade etmektedir. (3) ve (4) nolu eşitlikler kullanılarak elde edilen filmlerin örgü kusurlarını analiz etmek için kullanılan dislokasyon yoğunluğu ( $\delta$ ) ve filmin kristal özelliğini olumsuz bir biçimde etkileyen stress parametresi ( $\varepsilon$ ) analiz edildi.

$$\delta = 1/D^2 \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{\beta}{4\tan\theta} \quad (4)$$

En şiddetli pik olan (110) için hesaplanan kristal büyüklüğü, dislokasyon yoğunluğu ve stress değerleri kalınlığa bağlı olarak değişmiştir. Kalınlığın artmasına bağlı olarak şiddeti artan (002) yönelimli pik için hesaplanan  $\delta$  değeri  $2.11 \times 10^{15}$  ile  $4.23 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$  aralığında değişirken, aynı pikin stress değeri de  $0.29 \times 10^{-4}$  ve  $0.41 \times 10^{-4}$  aralığında değişmiştir. Bu nedenle, (002) yönelimli pikin stress değerindeki değişim örgü kusurlarındaki artışa neden olup filmin kristal kalitesini bozmuştur. Tablo 1’de gösterilen piklere ait dislokasyon değerindeki değişimin nedeni filmde var olan stress değerinin varlığını göstermektedir. Stress değerlerindeki değişim örgü kusurlarının filmin kalınlığına direkt bağlı oluşu ile ilgilidir.

**Tablo 1.** 500 °C’de tavlanan CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin XRD parametreleri

Örnek	2θ (derece)	FWHM (Radyan x 10 <sup>-4</sup> )	D (x 10 <sup>-8</sup> m)	d (hesaplanan) (Å)	δ (10 <sup>15</sup> m <sup>-2</sup> )	Stres (x10 <sup>-4</sup> )	Yönelim (hkl)
CuMnO <sub>2</sub> (I)	30.34	92.67	1.62	2.95	3.81	0.85	002
	35.39	55.33	2.75	2.54	1.32	0.43	110
	50.68	92.15	1.74	1.80	3.30	0.49	202
	60.38	84.13	1.99	1.53	2.52	0.36	-311
CuMnO <sub>2</sub> (II)	30.54	68.94	2.18	2.93	2.11	0.63	002
	35.58	62.83	2.42	2.52	1.70	0.49	110
	50.85	83.25	1.93	1.80	2.69	0.44	202
	60.55	86.39	1.94	1.53	2.65	0.37	-311
CuMnO <sub>2</sub> (III)	30.81	97.74	1.54	2.90	4.23	0.89	002
	35.60	59.69	2.55	2.52	1.54	0.47	110
	36.28	32.29	4.72	2.48	0.45	0.25	-111
	50.85	89.36	1.80	1.80	3.10	0.47	202
	60.52	94.25	1.78	0.53	3.16	0.40	-311
	63.78	59.34	2.88	1.46	1.21	0.24	113

### Yüzey Özelliği

Film kalınlığı, elde edilen örneklerin yüzey özelliklerini analiz etmede ve bunların XRD sonuçları ile ilişkisini belirlemede oldukça önemli parametrelerden biridir. Şekil 2; dönele kaplama yöntemi ile üç farklı kalınlıkta hazırlanan CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerini göstermektedir. CuMnO<sub>2</sub>(I) filmi yüzeyde herhangi bir kusur ve topaklaşma olmaksızın homojen dağılımlı bir yapı gösterirken diğer filmler de çatlak ve çok az topaklaşma mevcuttur.

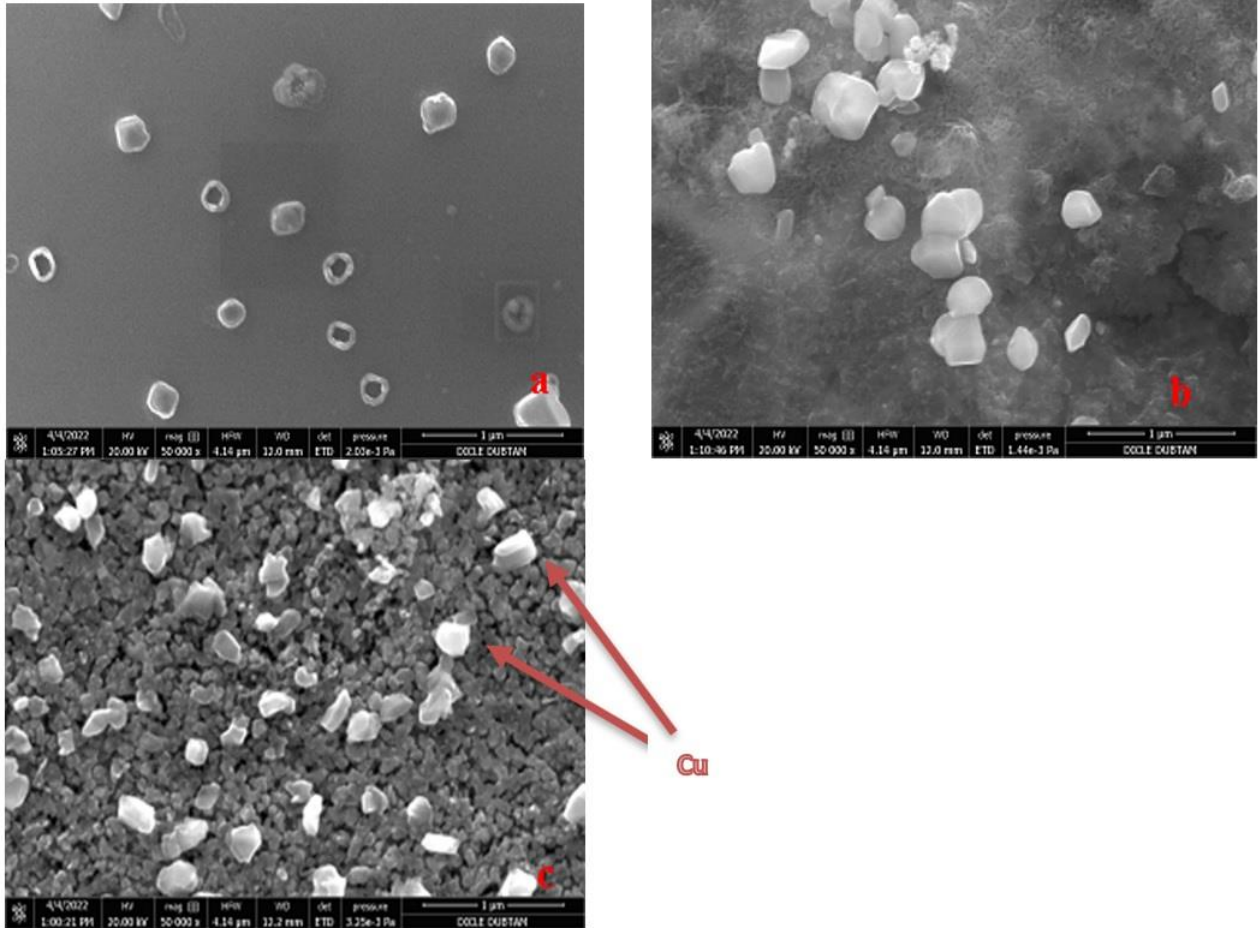
Filmlerin yüzey özellikleri incelendiğinde küresel benzer nanoyapıların oluştuğunu ve bu nanoyapıların sayısının tabaka kalınlığına bağlı olarak

arttığı görülmektedir. Bu değişim CuMnO<sub>2</sub> ince filminin kalınlık artışı ile modifiye edildiği göstermektedir. Nanoparçacıkların filmin kalınlığına bağlı olarak artışı, filmin mobilite ve direnç gibi elektriksel parametrelerini değiştirmektedir (tablo 2). Filmlerin kalınlığı yaklaşık CuMnO<sub>2</sub>(I) için 157, CuMnO<sub>2</sub>(II) için 684 ve CuMnO<sub>2</sub>(III) için 935 nm olarak ölçülmüştür.

Tabaka kalınlığının filmin morfolojisi üzerindeki etkiyi görebilmek için AFM görüntüleri Park System XE-100 ölçüm sistemi kullanılarak incelenmiştir. Şekil 3. filmlerin 1x1µm<sup>2</sup>’lik alanda elde edilmiş 3-boyutlu AFM görüntülerini

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1099982

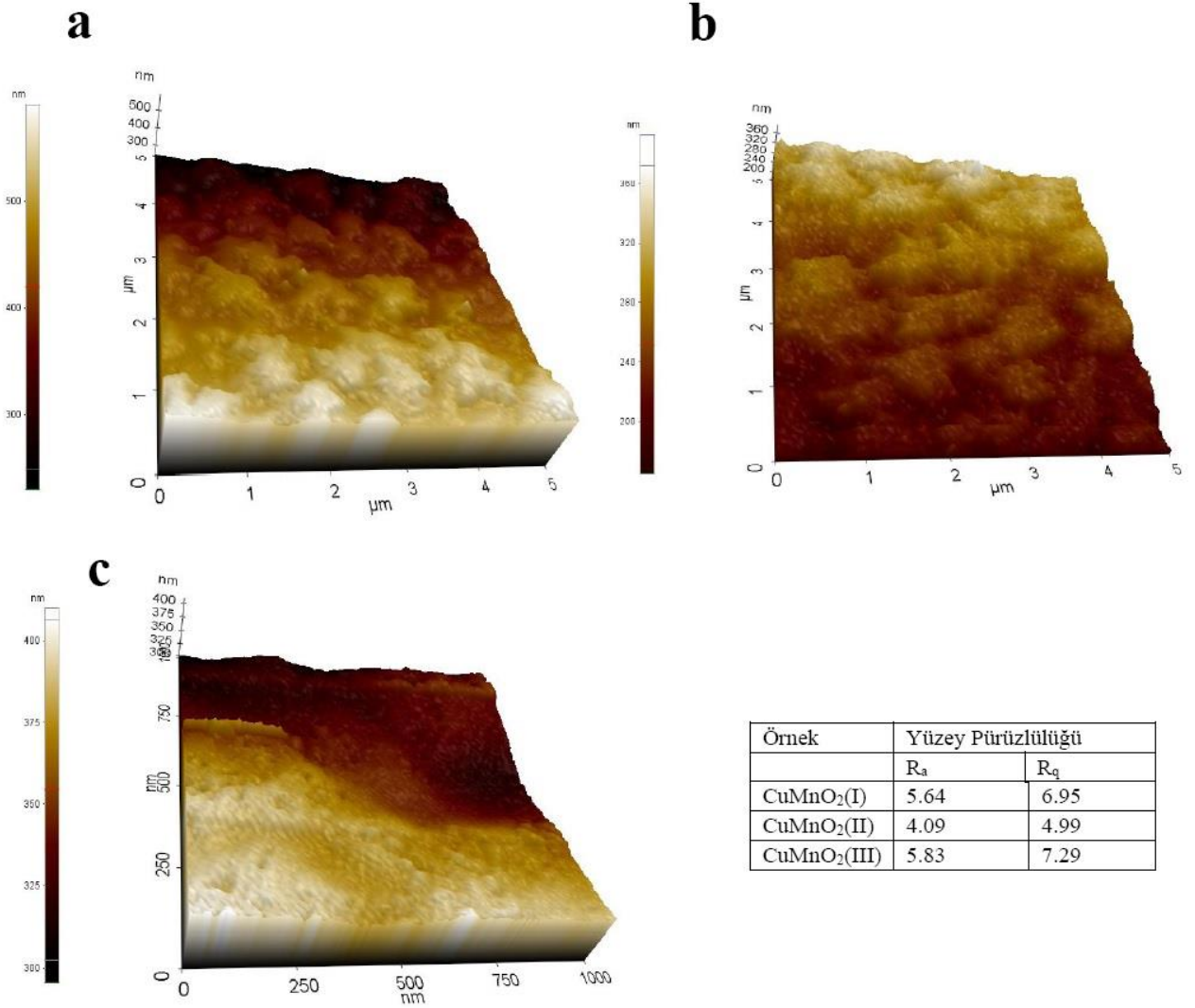
göstermektedir. Filmlerin yüzey pürüzlülüğü incelendiğinde, homojen olmayan bir dağılım görülmektedir.



Şekil 2. a) CuMnO<sub>2</sub> (I), b) CuMnO<sub>2</sub> (II) ve c) CuMnO<sub>2</sub> (III) filmlerinin SEM görüntüleri

Nicolaescu ve ark. (2021) elde ettikleri filmlerin benzer yüzey özelliklerine sahip olduğunu gösterdiler.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1099982

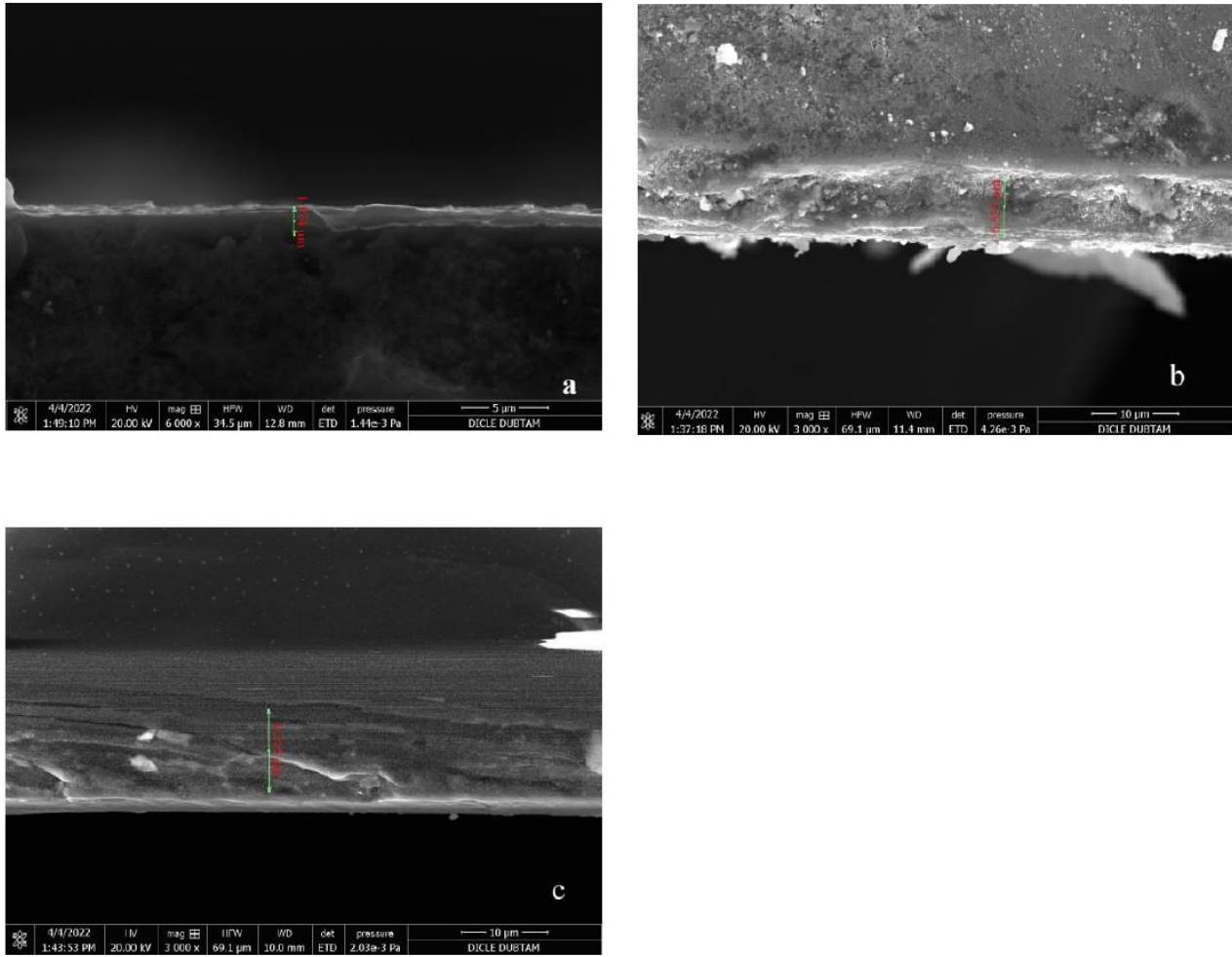


Şekil 3. a) CuMnO<sub>2</sub>(I), b) CuMnO<sub>2</sub>(II), c) CuMnO<sub>2</sub>(III) ince filmlerinin 3-D AFM görüntüleri

Tablo 2. CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin enerji bant aralığı değerleri ve elektriksel parametre değerleri

Örnek	Bant aralığı (eV)	Yük konsantrasyonu (cm <sup>-3</sup> )	Mobilite (cm <sup>2</sup> V <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	Direnç (Ω cm)
CuMnO <sub>2</sub> (I)	1.78	-	-	-
CuMnO <sub>2</sub> (II)	1.80	5.259 x 10 <sup>16</sup>	2.64	4.49
CuMnO <sub>2</sub> (III)	1.92	3.96 x 10 <sup>18</sup>	6.14X 10 <sup>-2</sup>	25.65

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1099982

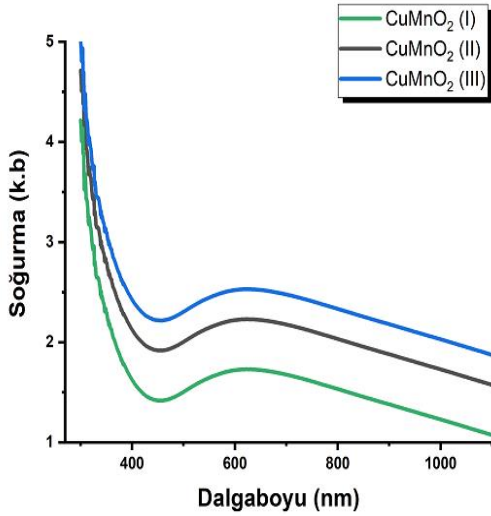
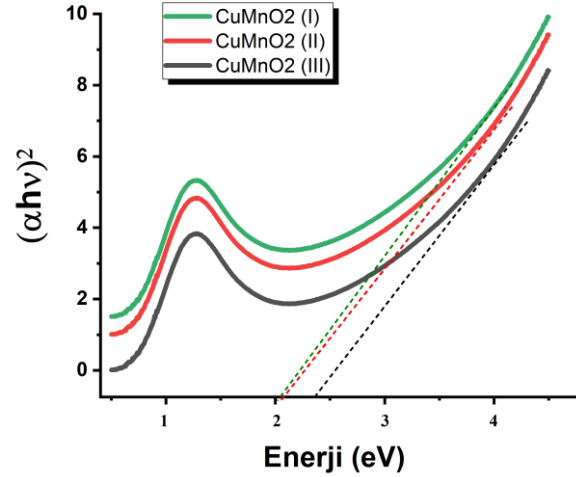


Şekil 4. a)  $\text{CuMnO}_2(\text{I})$ , b)  $\text{CuMnO}_2(\text{II})$ , c)  $\text{CuMnO}_2(\text{III})$  ince filmlerinin kalınlıkları

### Optik Özellik

Bu çalışmada,  $\text{CuMnO}_2$  ince filmlerinin optik özellikleri soğurma ve enerji bant değeri hesaplamaları türünden filmin kalınlığına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Dönel kaplama tekniği ile hazırlanan  $\text{CuMnO}_2$  ince filmlerin soğurma spektrumu şekil 5'de gösterilmiştir. Elde edilen filmlerin kalınlık artıkaça 450-600 nm aralığında yüksek miktarda foton soğurduğu, buna karşın kızıl ötesi bölgeye doğru foton soğurma oranının azaldığı görülmüştür.

Filmlerin UV bölgesinde güçlü bir soğurmaya sahip olup ve UV ışık için güçlü bir afiniteye sahiptir. Soğurma değerindeki değişim, filmlerin farklı kristal doğaya sahip olması ve Moss-Burstein etkisinin bir sonucu olduğu söylenebilir (Manjunatha ve ark., 2018). Elde edilen sonuçlar,  $\text{CuMnO}_2$  filmlerin optik özelliklerin kalınlığa bağlı olarak modifiye edildiğini göstermektedir. Filmlerin soğurma değerindeki değişim,  $\text{CuMnO}_2$  filmlerinin çeşitli optik uygulamalarda uygulanabileceğini göstermektedir.

Şekil 5. CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin soğurma grafiğiŞekil 6. CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin enerji bant aralığı

Elde edilen CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerin enerji bant aralığı değerleri Tauc formülü ile hesaplanabilir (Tauc, 2012).

$$(\alpha hv)^2 = A(hv - E_g) \quad (5)$$

Burada,  $A$  sabit ve  $hv$  foton enerjisi,  $E_g$  enerji bant aralığı ve  $\alpha$  ise soğurma katsayısı olup,  $\alpha = 4\pi k/\lambda$  bağıntısı ile hesaplanır.  $E_g$  değeri  $(\alpha hv)^2$ 'nin  $hv$  ye karşı çizilen grafiğin eğiminden elde edilmektedir. Tabaka kalınlığına bağlı olarak elde edilen örneklerin enerji bant aralığı değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir.

CuMnO<sub>2</sub>(I) ince filmi için hesaplanan doğrudan  $E_g$  değeri 1.78 eV olup, kalınlık artışına bağlı olarak 1.92 eV'ye artmıştır. Enerji bant aralığındaki değişim kalınlık artışı sonucu filmin tabakalarının yapısında meydana gelen değişimden kaynaklanmaktadır (Harizi ve ark, 2016). Elde edilen örnekler incelendiğinde, CuMnO<sub>2</sub>(III) ince filminin en yüksek  $E_g$  değerine sahip olduğu görülmektedir.  $E_g$  değerindeki artışın nedeni bant uzantısı ve verici yoğunluğunun artışından kaynaklanmaktadır. Enerji bant aralığı değerindeki değişimin nedeni bant genişliği etkisinden ve MnO<sub>2</sub> nano yapı içindeki Mn iğine Cu iyonlarının düzenli bir biçimde yer almasından kaynaklanmaktadır. Tabaka kalınlığının artışı sonucu enerji bant aralığının artması enerji bant aralığının değişimine neden olan kristal yapıdaki

değişimden kaynaklanmaktadır. Enerji bant aralığındaki değişim incelendiğinde film depolama tekniğinin ve tabaka kalınlığının optik özellikler üzerindeki etkisini göstermektedir.

Örneğin; Chen ve ark. (2015) sol gel metodu kullanarak quartz alttaş üzerine yaptıkları CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin enerji bant aralığı değerinin 2.6 ile 3.5 eV arasında değiştiğini belirtirken Xiong ve ark. (2020) hidrotermal sentez yöntemi ile hazırladıkları CuMnO<sub>2</sub> ince filmlerinin enerji bant değerini 1.61 eV olarak belirttiler.

## SONUÇ

Özet olarak, bu çalışmada dönel kaplama tekniği kullanılarak 500 °C'de tavlanan farklı tabaka kalınlıklarında CuMnO<sub>2</sub> ince filmler elde edilmiştir. Kalınlığın filmin yapısal, morfolojik ve optik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Filmlerin kristal parametreleri ve yapısı tabaka kalınlığına bağlı olarak değişmiştir. Tabaka kalınlığının artışına bağlı olarak şiddeti artan (002) yönelimli pik için dislokasyon ve stress değeri artmıştır. Filmlerin yüzey özellikleri incelendiğinde küresele benzer nano yapıların oluştuğunu ve bu nanoparçacık sayısının tabaka kalınlığına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Dönel kaplama tekniği ile hazırlanan filmlerin, kalınlık arttıkça 450-600 nm aralığındaki bölgede daha yüksek miktarda foton soğurup, buna karşın kızıl ötesi bölgeye doğru soğurmanın azaldığı

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1099982

görülmüştür. Filmlerin UV bölgesinde güçlü bir soğurmaya sahip olup ve UV ışık için güçlü bir afiniteye sahiptir. Filmlerin enerji bant aralığı değerleri  $\text{CuMnO}_2(\text{I})$  için 1.78,  $\text{CuMnO}_2(\text{II})$  için 1.80 ve  $\text{CuMnO}_2(\text{III})$  için 1.92 eV olarak hesaplanmış ve filmin kalınlığının enerji bant aralığı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma FEN.18.007 nolu proje ile Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinatörlüğü (DÜBAP) tarafından desteklenmiştir. Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

### ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Ashlyn Kirupa, E., Moses Ezhil Raj, A. and Ravidhas, C. (2016). Ethanol sensing behaviour of  $\text{CuMnO}_2$  nanostructured thin films. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27(5), 4810-4815.
- Bahmani, F., Kazemi, S. H., Wu, Y., Liu, L., Xu, Y. and Lei, Y. (2019).  $\text{CuMnO}_2$ -reduced graphene oxide nanocomposite as a free-standing electrode for high-performance supercapacitors. *Chemical Engineering Journal*, 375, 121966.
- Benreguia, N., Barnabé, A. and Trari, M. (2016). Preparation and characterization of the semiconductor  $\text{CuMnO}_2$  by sol-gel route. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 56, 14-19.
- Bessekhouad, Y., Trari, M. and Doumerc, J. P. (2003).  $\text{CuMnO}_2$ , a novel hydrogen photoevolution catalyst. *International journal of hydrogen energy*, 28(1), 43-48.
- Chen, H. Y. and Hsu, D. J. (2014). Characterization of crednerite- $\text{Cu}_{1.1}\text{Mn}_{0.9}\text{O}_2$  films prepared using sol-gel processing. *Applied surface science*, 290, 161-166.
- Chen, H. Y., Lin, Y. C. and Lee, J. S. (2015). Crednerite- $\text{CuMnO}_2$  thin films prepared using atmospheric pressure plasma annealing. *Applied Surface Science*, 338, 113-119.
- Chi, H. Z., Zhu, H. and Gao, L. (2015). Boron-doped  $\text{MnO}_2$ /carbon fiber composite electrode for

supercapacitor. *Journal of Alloys and Compounds*, 645, 199-205.

- Dar, M. A., Ahsanulhaq, Q., Kim, Y. S., Sohn, J. M., Kim, W. B. and Shin, H. S. (2009). Versatile synthesis of rectangular shaped nanobat-like  $\text{CuO}$  nanostructures by hydrothermal method; structural properties and growth mechanism. *Applied Surface Science*, 255(12), 6279-6284.
- Das, S. and Alford, T. L. (2013). Structural and optical properties of Ag-doped copper oxide thin films on polyethylene naphthalate substrate prepared by low temperature microwave annealing. *Journal of applied physics*, 113(24), 244905.
- Harizi, A., Sinaoui, A., Akkari, F. C. and Kanzari, M. (2016). Physical properties of  $\text{Sn}_4\text{Sb}_6\text{S}_{13}$  thin films prepared by a glancing angle deposition method. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 41, 450-456.
- Hashem, A. M., Abuzeid, H. M., Narayanan, N., Ehrenberg, H. and Julien, C. M. (2011). Synthesis, structure, magnetic, electrical and electrochemical properties of Al, Cu and Mg doped  $\text{MnO}_2$ . *Materials Chemistry and Physics*, 130(1-2), 33-38.
- Hiraga, H., Fukumura, T., Ohtomo, A., Makino, T., Ohkubo, A., Kimura, H. and Kawasaki, M. (2009). Optical and magnetic properties of  $\text{CuMnO}_2$  epitaxial thin films with a delafossite-derivative structure. *Applied Physics Letters*, 95(3), 032109.
- Holzwarth, U. and Gibson, N. (2011). The Scherrer equation versus the 'Debye-Scherrer equation'. *Nature nanotechnology*, 6(9), 534-534.
- Hou, Y., Cheng, Y., Hobson, T. and Liu, J. (2010). Design and synthesis of hierarchical  $\text{MnO}_2$  nanospheres/carbon nanotubes/conducting polymer ternary composite for high performance electrochemical electrodes. *Nano letters*, 10(7), 2727-2733.
- Kataoka, F., Ishida, T., Nagita, K., Kumbhar, V., Yamabuki, K. and Nakayama, M. (2020). Cobalt-doped layered  $\text{MnO}_2$  thin film electrochemically grown on nitrogen-doped carbon cloth for aqueous zinc-ion batteries. *ACS Applied Energy Materials*, 3(5), 4720-4726.
- Kurt, M. and Çelik, F. (2017). Investigation of Single Crystal and Polycrystalline Forms of Copper (II) and Vanadium (II) Doped Beta Potassium Sulfate Complex by Electron Spin Resonance Technique. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(2), 33-39.

- Lazau, C., Poienar, M., Orha, C., Ursu, D., Nicolaescu, M., Vajda, M. and Bandas, C. (2021). Development of a new “np” heterojunction based on TiO<sub>2</sub> and CuMnO<sub>2</sub> synergy materials. *Materials Chemistry and Physics*, 272, 124999.
- Li, D., Li, W., Deng, Y., Wu, X., Han, N. and Chen, Y. (2016). Effective Ti doping of  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> via anion route for highly active catalytic combustion of benzene. *The Journal of Physical Chemistry C*, 120(19), 10275-10282.
- Li, L., Du, Z., Liu, S., Hao, Q., Wang, Y., Li, Q. and Wang, T. (2010). A novel nonenzymatic hydrogen peroxide sensor based on MnO<sub>2</sub>/graphene oxide nanocomposite. *Talanta*, 82(5), 1637-1641.
- Li, Y. and Xie, H. (2010). Mechanochemical-synthesized Al-doped manganese dioxides for electrochemical supercapacitors. *Ionics*, 16(1), 21-25.
- Liang, S., Teng, F., Bulgan, G., Zong, R. and Zhu, Y. (2008). Effect of phase structure of MnO<sub>2</sub> nanorod catalyst on the activity for CO oxidation. *The Journal of Physical Chemistry C*, 112(14), 5307-5315.
- Liu, D., Garcia, B. B., Zhang, Q., Guo, Q., Zhang, Y., Sepelhi, S. and Cao, G. (2009). Mesoporous hydrous manganese dioxide nanowall arrays with large lithium ion energy storage capacities. *Advanced Functional Materials*, 19(7), 1015-1023.
- Liu, Y., Wang, N., Yao, M., Yang, C., Hu, W. and Komarneni, S. (2017). Porous Ag-doped MnO<sub>2</sub> thin films for supercapacitor electrodes. *Journal of Porous Materials*, 24(6), 1717-1723.
- Manjunatha, S., Krishna, R. H., Thomas, T., Panigrahi, B. S. and Dharmaparakash, M. S. (2018). Moss-Burstein effect in stable, cubic ZrO<sub>2</sub>: Eu<sup>3+</sup> 3 nanophosphors derived from rapid microwave-assisted solution-combustion technique. *Materials Research Bulletin*, 98, 139-147.
- Nicolaescu, M., Bandas, C., Orha, C., Şerban, V., Lazău, C. and Căprărescu, S. (2021). Fabrication of a UV Photodetector Based on n-TiO<sub>2</sub>/p-CuMnO<sub>2</sub> Heterostructures. *Coatings*, 11(11), 1380.
- Poonguzhali, R., Gobi, R., Shanmugam, N., Kumar, A. S., Viruthagiri, G. and Kannadasan, N. (2015). Enhancement in electrochemical behavior of copper doped MnO<sub>2</sub> electrode. *Materials Letters*, 157, 116-122.
- Sakai, N., Ebina, Y., Takada, K. and Sasaki, T. (2005). Electrochromic films composed of MnO<sub>2</sub> nanosheets with controlled optical density and high coloration efficiency. *Journal of the Electrochemical Society*, 152(12), E384.
- Su, X., Yu, L., Cheng, G., Zhang, H., Sun, M., Zhang, L. and Zhang, J. (2014). Controllable hydrothermal synthesis of Cu-doped  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> films with different morphologies for energy storage and conversion using supercapacitors. *Applied energy*, 134, 439-445.
- Tanaydın, Z. B., Tanaydın, M. K., Muharrem, İ. and Demirkıran, N. (2020). Bakır ve Kadmiyumun Perlit ile Adsorpsiyonu ve Adsorpsiyon Özelliklerinin Karşılaştırılması. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(2), 208-218.
- Tauc, J. (Ed.). (2012). *Amorphous and liquid semiconductors*. Springer Science & Business Media.
- Wang, L., Arif, M., Duan, G., Chen, S. and Liu, X. (2017). A high performance quasi-solid-state supercapacitor based on CuMnO<sub>2</sub> nanoparticles. *Journal of Power Sources*, 355, 53-61.
- Wang, Y. and Zhitomirsky, I. (2011). Cathodic electrodeposition of Ag-doped manganese dioxide films for electrodes of electrochemical supercapacitors. *Materials Letters*, 65(12), 1759-1761.
- Wei, P., Bieringer, M., Cranswick, L. and Petric, A. (2010). In situ high-temperature X-ray and neutron diffraction of Cu–Mn oxide phases. *Journal of materials science*, 45(4), 1056-1064.
- Xiong, D., Gao, H., Deng, Y., Qi, Y., Du, Z., Zeng, X. and Li, H. (2020). Impact of Mg doping on the optical and electrical properties of p-type CuMnO<sub>2</sub> ultrathin nanosheets. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(7), 5452-5461.
- Yue, G. H., Yan, P. X., Yan, D., Liu, J. Z., Qu, D. M., Yang, Q. and Fan, X. Y. (2006). Synthesis of two-dimensional micron-sized single-crystalline ZnS thin nanosheets and their photoluminescence properties. *Journal of crystal growth*, 293(2), 428-432.
- Yuping, D., He, M., Xiaogang, L., Shunhua, L. and Zhijiang, J. (2010). The microwave electromagnetic characteristics of manganese dioxide with different crystallographic structures. *Physica B: Condensed Matter*, 405(7), 1826-1831.
- Zahan, M. and Podder, J. (2020). Role of Fe doping on structural and electrical properties of MnO<sub>2</sub> nanostructured thin films for glucose sensing performance. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 117, 105109.
- Zhang, Y., Yao, Q. Q., Gao, H. L., Zhang, L. S., Wang, L. Z., Zhang, A. Q. and Wang, L. X. (2015). Synthesis and electrochemical performance of MnO<sub>2</sub>/BC composite as active materials for supercapacitors. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 111, 233-237.



*Research article/Araştırma makalesi*  
DOI:10.29132/ijpas.1099982

Ziabari, A. A. and Ghodsi, F. E. (2011). Optoelectronic studies of sol-gel derived nanostructured CdO-ZnO composite films. *Journal of Alloys and compounds*, 509(35), 8748-8755.

## Enhancing Motility of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Sperm by *Tribulus Terrestris* Extract Supplementation

Abdullatif Ölçülü<sup>1</sup>, Filiz Kutluyer Kocabaş<sup>1\*</sup>, Önder Aksu<sup>1</sup>, Mehmet Kocabaş<sup>2</sup>,  
Olca Kaplan İnce<sup>3,4</sup>, Emrah Karakavuk<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Munzur University, Fisheries Faculty, Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup>Karadeniz Technical University Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management, Trabzon, Türkiye

<sup>3</sup>Munzur University, Faculty of Fine Arts, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Tunceli, Türkiye

<sup>4</sup>Munzur University, Rare Earth Elements Application and Research Center, Tunceli, Türkiye

<sup>5</sup>Munzur University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Tunceli, Türkiye

abdullutuf@gmail.com<sup>ID</sup>, \*filizkutluyer@hotmail.com<sup>ID</sup>, onderaksu@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, mkocabas@hotmail.com<sup>ID</sup>

olcakaplan@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, ekarakavuk@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>

Received date:25.03.2022, Accepted date: 16.09.2022

### Abstract

*Tribulus terrestris* (TT) is a famous traditional plant of family Zygophyllaceae and widely distributes around the world. TT has potential to elevate the testosterone, testosterone precursor and luteinizing hormone levels. In this study, trials were conducted to assessment the impact of *Tribulus terrestris* addition on sperm motility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for the first time. In the trial, we used to different concentrations [0 µg L<sup>-1</sup> (Control), 200 µg L<sup>-1</sup>, 400 µg L<sup>-1</sup>, 600 µg L<sup>-1</sup>, 800 µg L<sup>-1</sup> and 1000 µg L<sup>-1</sup>] of *T. terrestris* extract. Sperm motility characteristics and longevity were determined. In addition, protodioscin content of *T. terrestris* extract was assessed. The present study revealed that the presence of *T. terrestris* caused to increase in sperm motility. The increases in duration (49.00±3.61 s) and motility rate (91.67±2.89%) at 400 µg L<sup>-1</sup> were statistically significant (p<0.05). Overall, addition of *T. terrestris* to activation solution can increase the sperm motility of rainbow trout.

**Keywords:** Herbal medicine, *Oncorhynchus mykiss*, spermatozoa, *Tribulus terrestris*.

## *Tribulus Terrestris* Ekstraktının İlavesiyle Gökkuşacağı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) Sperm Motilitesinin Arttırılması

### Öz

*Tribulus terrestris* (TT), Zygophyllaceae familyasına ait geleneksel bir bitkidir ve dünyada yaygın olarak dağılım gösterir. TT, testosteron, testosteron prekürsörü ve luteinize edici hormon seviyelerini yükseltme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, *Tribulus terrestris* ilavesinin gökkuşacağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) sperm motilitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için ilk kez denemeler yapılmıştır. Denemede farklı konsantrasyonlarda [0 µg L<sup>-1</sup> (Kontrol), 200 µg L<sup>-1</sup>, 400 µg L<sup>-1</sup>, 600 µg L<sup>-1</sup>, 800 µg L<sup>-1</sup> ve 1000 µg L<sup>-1</sup>] *T. terrestris* ekstraktı kullanılmıştır. Sperm motilite özellikleri ve süresi belirlenmiştir. Ayrıca *T. terrestris* ekstraktının protodioscin içeriği değerlendirilmiştir. Bu çalışma, *T. terrestris* varlığının sperm motilitesinde artışa neden olduğunu ortaya koymuştur. 400 µg L<sup>-1</sup>'de süre (49,00±3,61 s) ve motilite oranındaki (%91,67±2,89) artışlar istatistiksel olarak anlamlıydı (p<0.05). Sonuç olarak, aktivasyon solüsyonuna *T. terrestris* eklenmesi gökkuşacağı alabalığının sperm motilitesini artırabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitkisel ürün, *Oncorhynchus mykiss*, spermatozoa, *Tribulus terrestris*

### INTRODUCTION

Medicinal plants (MP) are important and promising candidates for new treatment options in basic and clinical researches instead of synthetic analogues in traditional medicine. Hence, herbal

medicine studies have been increased in the world due to their tolerability, minimum side effects, easiness to access, being economical and safety of treatments in recent years. *Tribulus terrestris* (TT) is

a famous traditional plant of family Zygophyllaceae and widely distributes around the world (Ma et al., 2017). It is naturally found in the Mediterranean region, desert and subtropical climate regions (Fatima and Sultana, 2017). The plant contains phenolic compounds, steroidal saponins, flavonol glycosides, flavonoids, amides, unsaturated fats, alkaloids, vitamins, amino acids and tannins (Ercan and El, 2016; Asadmobini et al., 2017; Basaiyye et al., 2017). TT has received great attention due to usage as widespread and indiscriminate in treatment of various diseases such as urinary infections, inflammations, sexual dysfunction and desire problems, leucorrhoea, erectile function, oedema, kidney stones, hypertension and coronary heart disease and ascites owing to possessing aphrodisiac, free-radical-scavenging, anti-inflammatory, anti-cancer, antispasmodic, anti-bacterial, antiurolithic and analgesic properties (Akram et al., 2011; Mohd et al., 2012; Hammada et al., 2013; Kamenov et al., 2017; Ma et al., 2017). Moreover, it has potential to elevate the testosterone, testosterone precursor and luteinizing hormone levels in humans (Asadmobini et al., 2017) and animals (Gauthaman and Ganesan, 2008; Omitoyin et al., 2013; Neychev and Mitev, 2016; Yeganeh et al., 2017). For these reasons, many studies have been focused on masculinization, growth and reproductive performance, survival and histopathology, feed utilization, hematological, immunological, and biochemical variables in different fish species (Cek and Turan, 2007; Cek et al., 2007; Kavitha and Subramanian, 2011; Omitoyin et al., 2013; Gültepe et al., 2014, Yilmaz et al., 2014; Hassona et al., 2020).

Sperm quality is important for aquatic life and most importantly, it affects fertilization and hatching success in aquaculture practices (Kutluyer et al. 2015, 2016; Kocabas et al. 2017a,b,c). Reducing in sperm quality can cause extinction or loss of populations. The literature reported that TT has been increased the number and motility of spermatozoa in human (Salgado et al., 2016; Khaleghi et al., 2017) and animals (rat, mice, mouse) (Gauthaman et al., 2002; Singh et al., 2012; Adaay and Mattar, 2012; Oliveira et al., 2015; Kumari and Singh, 2015; Kumar and Singh, 2015). Thus far, there is limited information about influences of TT supplementation on sperm motility. In this context, the purpose of the paper is to determine the impact of TT extract on sperm motility parameters and duration of rainbow trout.

## MATERIAL AND METHODS

### Obtainment of experimental animals

Six sexually mature males (three-year-old, 38.4±5.7 cm, 873.62±4.27 g, mean±SD) were obtained from a commercial fish farm (Göktepe Trout Production Facility, Tunceli, Turkey) (January, 2018). The water temperature was at 6.7±0.1°C, pH 8.28±0.1, and dissolved oxygen 8.2±0.1 mg L<sup>-1</sup> with natural photoperiod. Sperm were collected through gentle pressure on the abdomen after anesthetized using 2-phenoxyethanol (0.6 mL L<sup>-1</sup>). Sperm samples were not used contaminated with water, urine, mucus, blood or fecal contamination. Sperm was collected in plastic tubes (50 mL) and placed on ice crush.

### Experiments and evaluation of motility parameters

Different levels of 0 mM (Control), 0 µg L<sup>-1</sup> (Control), 200 µg L<sup>-1</sup>, 400 µg L<sup>-1</sup>, 600 µg L<sup>-1</sup>, 800 µg L<sup>-1</sup> and 1000 µg L<sup>-1</sup> TT extract were added to activation solution (NaCl, 52 mM). Sperm colors, sperm volume, percent of motile spermatozoa, survival period of forward motility and spermatocrit were determined in this study. Motility analyses were performed with Sperm Class Analyzer system (Microptic S.L., Barcelona, Spain). Actively moved sperm was recorded as motile sperm percent. A chronometer was used for determination of duration of forward motility. Sperm samples with motility >80% and normal volume, pH was pooled for the trials. Burkner cell hemocytometer was used for assessment of spermatozoa density. Spermatocrit was determined according to the method described by Rurangwa et al. (2004).

### Plant material and preparation of herbal extract

During summer season, TT was gathered from natural environment (Osmaniye, Turkey). Fruits and aerial parts of TT were cleaned and rinsed with water and, air-dried in shade. The dried material was pulverized (25 g). Ethanol (70%, 50 mL) was used for extraction (Ahmed et al., 2009) in a Soxhlet apparatus. The evaporation of the extracts was performed with a rotary evaporator for dryness under pressure at 45°C and stored in a freezer (-20°C) until experiments.

### Instrumentation

Protodioscin content was assessed according to the method described by Shishovska et al. (2015)

using HPLC system (Shimadzu Prominence) equipped with: binary pump (LC-20AT), degasser (DGU-20A5), autosampler (SIL-20AHT), column oven (CTO-10ASVP) and a diode array detector (SPD-M20A). The separation was performed on HPLC column Fortis Universal HS C-18 (250x4.6 mm i. d.; particle size 5  $\mu$ m). Optimization of chromatographic conditions are provided from mobile phase consisting of acetonitrile and water in a gradient mode (firstly, linear gradient with acetonitrile was used for 20 min from 10% to 60% (v/v), followed by an isocratic mode with 60% (v/v) acetonitrile for 5 min), pumped at a flow rate of 0.9 mL min<sup>-1</sup>. Column temperature was set to 40°C. UV detection was realized at 200 nm.

#### Statistical analysis

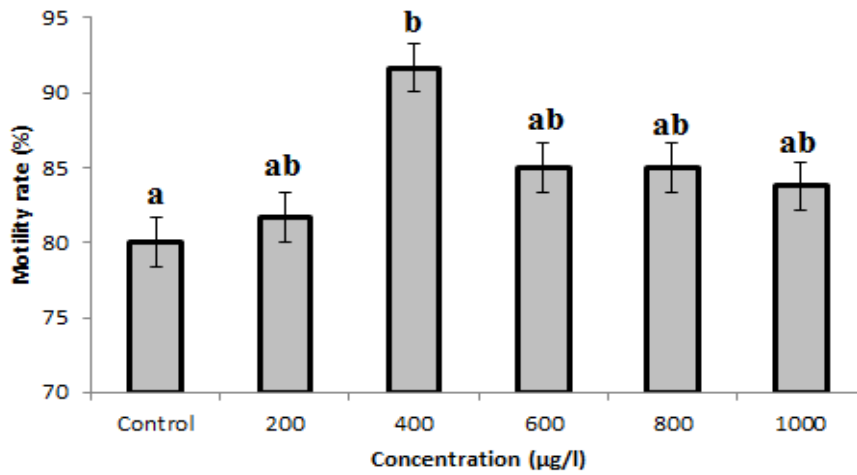
Data on longevity and motility rate of sperm cells were presented as means $\pm$ standard deviation (S.D.) with  $p < 0.05$  significance level. The data were analyzed using One-way ANOVA with Duncan test. The statistical package SPSS for Windows (Ver:14.0) was used for computing all statistics.

#### RESULTS

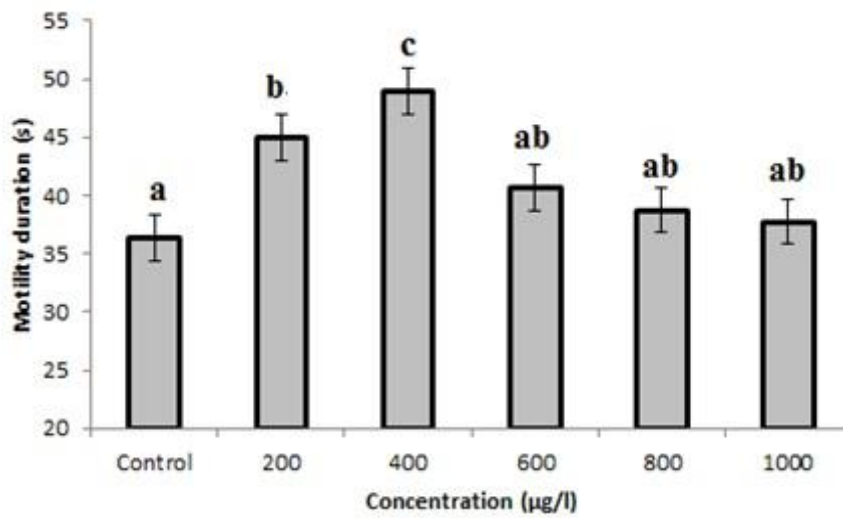
Values for measured sperm parameters (mean $\pm$ SD) are presented in Table 1. Motility percentage and duration of fresh sperm cells were 80.00 $\pm$ 5.75% and 36.33 $\pm$ 0.58 s, respectively. The data illustrated in Figure 1 and 2 showed the effect of different doses (200, 400, 600, 800 and 1000  $\mu$ g L<sup>-1</sup>) of aqueous extracts of TT. TT had sperm motility-enhancing effect. The trial indicated that the maximum increment in percent of motile spermatozoa (91.67 $\pm$ 2.89%) and survival period of forward motility duration (49.00 $\pm$ 3.61 s) was evoked at concentration of 400  $\mu$ g L<sup>-1</sup> ( $p < 0.05$ ). The motility rate and duration remarkably decreased after concentration 400  $\mu$ g L<sup>-1</sup>. High concentration (1000  $\mu$ g L<sup>-1</sup>) of the aqueous extracts of the TT caused a high significant reduction on motility rate and longevity ( $p < 0.05$ ). The protodioscin content was 1762 mg kg<sup>-1</sup> in a raw plant material. The data indicated linear relationship between protodioscin quantity and peak area (the correlation coefficient value:  $R^2 = 0.9997$ ) (Figure 3).

**Table 1.** Sperm motility parameters (mean  $\pm$  SD) of rainbow trout (*O. mykiss*) (n=6).

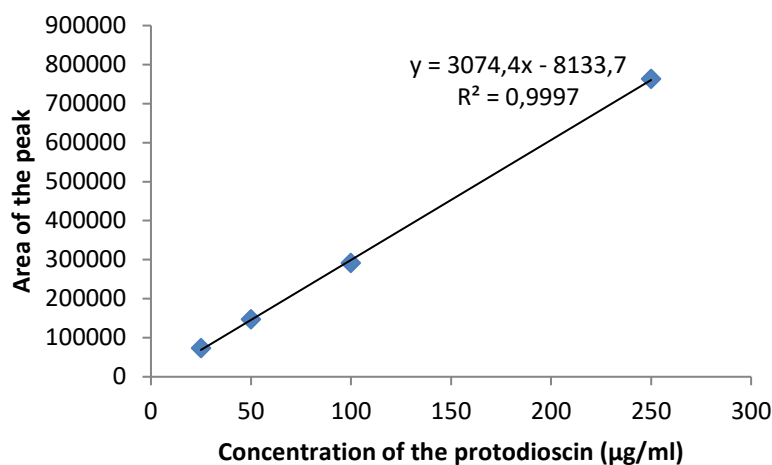
Parameters	Mean	Range
Colour	White	
Volume (mL)	11.25 $\pm$ 6.45	1-20
pH	7.76 $\pm$ 0.20	7.54-8.03
Spermatocrit (%)	49.75 $\pm$ 11.09	40.00-71.43
Sperm density ( $\times 10^9$ )	9.27 $\pm$ 0.56	9.17-9.37



**Figure 1.** Mean ( $\pm$ S.D.) percentages of motility in *O. mykiss* sperm with different *T. terrestris* doses. Different letters show differences between treatments ( $p < 0.05$ ). The bars and vertical lines represent mean  $\pm$  SD,  $n = 6$ .



**Figure 2.** Mean ( $\pm$ S.D.) duration of motility in *O. mykiss* sperm with different *T. terrestris* doses. Different letters show differences between treatments ( $p < 0.05$ ). The bars and vertical lines represent mean  $\pm$  SD,  $n = 6$ .



**Figure 3.** Calibration graph of protodioscin.

## DISCUSSION

Our results about sperm parameters are different from reported data in previous studies. The differences may be related with ecological factors and broodstock (age and weight of the male), spawning (behavior of broodstock and stage of spawning), sampling method and term (Piironen and Hyvarinen 1983; Suquet et al. 1994; Suquet et al. 1998; Tekin et al. 2003; Kocabaş and Kutluyer 2017b).

The positive roles of TT on various diseases and disorders have been emphasized in previous studies owing to its aphrodisiac and free-radical-scavenging properties (Singh et al., 2012; Hammada et al., 2013; Keshtmand et al., 2014; Neychev and Mitev, 2016; Fernández-Lázaro et al., 2022). Even though there are no references on the use of TT as an agent for improving fish spermatozoa capacity during activation, the literature reported that TT has been increased the number and motility of spermatozoa in human and animals (rat, mice, mouse) (Gauthaman et al., 2002; Liu et al., 2004; Singh et al., 2012; Adaay and Mattar, 2012; Oliveira et al., 2015; Kumari and Singh, 2015; Kumar and Singh, 2015; Khaleghi et al., 2016; Salgado et al., 2016). The present results are going in line with previous studies in human and animals. Our data clearly showed that the sperm motility was increased by TT supplementation. Especially, presence of protodioscin as a steroidal saponin may be responsible for these positive effects of TT and, in this study, the content of protodioscin was

determined as 1762 mg kg<sup>-1</sup> in a raw plant material. Ganzera et. al. (2001) reported protodioscin content as 0.17-6.49%. In this study, protodioscin content of raw TT material were determined as 0.176% using HPLC. Our results confirm the chemical composition of the TT extracts and it was similar to the results of Ganzera et. al. (2001). In addition, TT might be provided protection against oxidative damage due to contain DPPH (2,2-di-(4-tert-octylphenol)-1-picrylhydrazyl), polyphenols, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, and produce lower level of free oxygen radicals. Antioxidant activity is highly linked to the extract components (total polyphenols) of TT (Manach et al., 2005; Giovanelli and Buratti, 2009; Khaleghi et al., 2016; Qari and El-Assouli, 2017). Moreover, the reason could be its zinc and calcium content. The enzyme phosphodiesterase inhibition by CA<sup>++</sup> might be increased sperm motility due to prevent cyclic adenosine monophosphate (cAMP) degradation (Nassar et al., 1998; Keshtmand et al., 2014; Asadmobini et al., 2017). The improvement of sperm motility could be provided through protein synthesis and nuclear chromatin stabilization by zinc (Wang et al., 1990; Asadmobini et al., 2017).

## CONCLUSION

Based on the results, *in vitro* addition of TT improved sperm motility in *O. mykiss*. Data from this study suggest that the addition of TT to activation media can be used as an alternative motility-inducing agent in *O. mykiss* and this study would be useful to evaluate the TT effect on short-

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1092956

term sperm storage and cryopreservation of other fish species owing to its minimum side effects, easiness to access, cost effective and safety of treatments. Future efforts are necessary about the mechanism and impacts of TT on fertility ability and embryonic and larval development.

### CONFLICT OF INTEREST

The Authors report no conflict of interest relevant to this article

### RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

### REFERENCES

- Adaay, MH. and Mattar, AG. (2012). Effect of aqueous and ethanolic extracts of *Tribulus terrestris*, Phoenix dactylifera and Nasturtium officinale mixture on some reproductive parameters in male mice. Baghdad Science Journal, 9, 640-650.
- Ahmed, I., Islam, M., Arshad, W. (2009). High-quality plant DNA extraction for PCR: an easy approach. Journal of Applied Genetics, 50, 105–107.
- Akram, M., Asif, HM., Akhtar, N., Shah, PA., Uzair, M., Shaheen, G., Shamim, T., Ali Shah, SM. and Ahmad, K. (2011). *Tribulus terrestris* Linn.: a review article. Journal of Medicinal Plants Research, 5, 3601-3605.
- Asadmobini, A., Bakhtiari, M., Khaleghi, S., Esmaili, F. and Mostafaei A. (2017). The effect of *Tribulus terrestris* extract on motility and viability of human sperms after cryopreservation. Cryobiology, 75, 154-159.
- Basaiyye, SS., Naoghare, PK., Kanojiya, S., Bafana, A., Arrigo, P., Krishnamurthi, K. and Sivanesan, S. (2017). Molecular mechanism of apoptosis induction in Jurkat E6-1 cells by *Tribulus terrestris* alkaloids extract. Journal of Traditional and Complementary Medicine, Xxx, 1-10.
- Cek, S., Turan, F. (2007). Masculinization of African catfish (*Clarias gariepinus*) treated with gokshura (*Tribulus terrestris*). Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 59, 20528.
- Cek, Ş., Turan, F., Atik, E. (2007). Masculinization of convict cichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*) by immersion in *Tribulus terrestris* extract. Aquaculture International, 15(2), 109-119.
- Fatima, L. and Sultana, A. (2017). Efficacy of *Tribulus terrestris* L. (fruits) in menopausal transition symptoms: A randomized placebo controlled study. Advances in Integrative Medicine, 4, 56-65.
- Fernández-Lázaro, D., Fernandez-Lazaro, CI., Seco-Calvo, J., Garrosa, E., Adams, DP. MielgoAyuso, J. (2022). Effects of *Tribulus terrestris* L. on Sport and Health Biomarkers in Physically Active Adult Males: A Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19, 9533.
- Gauthaman, K., Adaikan, P. and Prasad, R. (2002). Aphrodisiac properties of *Tribulus terrestris* extract (Protodioscin) in normal and castrated rats. Life Sciences, 71 (12), 1385-1396. [http://dx.doi.org/10.1016/S0024-3205\(02\)01858-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0024-3205(02)01858-1).
- Gauthaman, K. and Ganesan, AP. (2008). The hormonal effects of *Tribulus terrestris* and its role in the management of male erectile dysfunction – an evaluation using primates, rabbit and rat. Phytomedicine, 15, 44-54.
- Ganzera, M., Bedir, E. and Khan, IA. (2001). Determination of steroidal saponins in *Tribulus terrestris* by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography and Evaporative Light Scattering Detection. Journal of Pharmaceutical Sciences, 90, 11.
- Giovanelli, G. and Buratti, S. (2009). Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. Food Chemistry, 112, 903-908.
- Gültepe, N., Acar, Ü., Kesbiç, O. S., Yılmaz, S., Yıldırım, Ö. and Türker, A. (2014). Effects of dietary *Tribulus terrestris* extract supplementation on growth, feed utilization, hematological, immunological, and biochemical variables of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, DOI: 10.46989/001c.20774.
- Hammada, HM., Ghazy, NM., Harraz, FM., Radwan, MM., ElSohly, MA. and Abdallah II. (2013). Chemical constituents from *Tribulus terrestris* and screening of their antioxidant activity. Phytochemistry, 92, 153-159.
- Hassona, NN., Zayed, MM., Eltras, WF. and Mohamed, RA. (2020). Dietary supplementation of *Tribulus terrestris* extract improves growth and reproductive performances of the male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Research, 51(10), 4245-4254.
- Kamenov, Z., Fileva, S., Kalinov, K. and Jannini, EA. (2017). Evaluation of the efficacy and safety of *Tribulus terrestris* in malesexual dysfunction-A prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. Maturitas, 99, 20-26.
- Kavitha, P., Subramanian, P. (2011). Effect of *Tribulus terrestris* on monosex production in *Poecilia latipinna*. Current Science, 100-104.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1092956

- Keshtmand, Z., Oryan, S., Ghanbari, A., Khazaei, M., Keshtmand, Z. and Oryan, S. (2014). Protective effect of *Tribulus terrestris* hydroalcoholic extract against cisplatin induced cytotoxicity on sperm parameters in male mice. *International Journal of Morphology*, 32, 551-557.
- Khaleghi, S., Bakhtiari, M., Asadmobini, A. and Esmaeili, F. (2017). *Tribulus terrestris* extract improves human sperm parameters *in vitro*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 22 (3), 407-412.
- Kocabas, M. and Kutluyer, F. (2017a). In vitro effect of zinc: Evaluation of the sperm quality of endangered trout *Salmo coruhensis* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and fertilizing capacity. *International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences*, 3 (2), 046-050.
- Kocabas, M., and Kutluyer, F. (2017b). Effect of Cobalt on sperm motility in an endangered trout species, *Salmo coruhensis*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 99(6), 690-694.
- Kocabas, M., and Kutluyer F. (2017c). Dose dependent treatment with boric acid induces more changes in the sperm cells of endangered trout *Salmo coruhensis* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 4 (9), 475-481.
- Kumar, P. and Singh, P. (2015). *Tribulus terrestris* ameliorates metronidazole induced spermatogenic inhibition and testicular oxidative stress in the laboratory mouse. *Indian Journal of Pharmacology*, 47(3), 304-310.
- Kumari, M. and Singh, P. (2015). Protective role of *Tribulus terrestris* on aluminium chloride-induced reproductive toxicity in the male laboratory mouse. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(6), 2395-2405.
- Kutluyer, F. and Kocabas, M. (2017). Dose dependent treatment with boric acid induces more changes in the sperm cells of endangered Anatolian trout *Salmo rizeensis*. *International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences*, 3(2), 042-045.
- Liu, J., Liang, P., Yin, C., Wang, T., Li, H. and Li, Y. 2004. Effects of several Chinese herbal aqueous extracts on human sperm motility *in vitro*. *Andrologia*, 36, 78-83.
- Ma, Y., Guo, Z. and Wang, X. (2017). *Tribulus terrestris* extracts alleviate muscle damage and promote anaerobic performance of trained male boxers and its mechanisms: Roles of androgen, IGF-1, and IGF binding protein-3. *Journal of Sport and Health Science*, 6, 474-481.
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A. and Remesy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr.*, 81 (1 suppl), 230-242.
- Nassar, A., Mahony, M., Blackmore, P., Morshedi, M., Ozgur, K. and Oehninger, S. (1998). Increase of intracellular calcium is not a cause of pentoxifylline-induced hyperactivated motility or acrosome reaction in human sperm. *Fertility and Sterility*, 69, 748-754.
- Neychev, V. and Mitev, V. (2016). Pro-sexual and androgen enhancing effects of *Tribulus terrestris* L.: fact or fiction. *Journal of Ethnopharmacology*, 179, 345-355.
- Oliveira, NNPM., Félix, MAR., Pereira, TCS., Rocha, LGP., Miranda, JR., and Zangeronimo, MG. (2015). Sperm quality and testicular histomorphometry of wistar rats supplemented with extract and fractions of fruit of *Tribulus terrestris* L. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(6), 891-897.
- Omitoyin, B.O., Ajani, E.K. and Sadiq, H.O. (2013). Preliminary investigation of *Tribulus terrestris* (Linn., 1753) extracts as natural sex reversal agent in *Oreochromis niloticus* (Linn., 1758) larvae. *International Journal of Aquaculture*. 3 (23), 133-137.
- Rurangwa, E., Kime, D.E., Ollevier, F. and Nash, J.P. (2004). The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, 234, 1-28.
- Salgado, R.M., Marques-Silva, M.H., Gonçalves, E., Mathias, A.C., Aguiar, J.G. and Wolff, P. (2016). Effect of oral administration of *Tribulus terrestris* extract on semen quality and body fat index of infertile men. *Andrologia*, 49, e12655.
- Shishovska, M., Arsova-Sarafinovska, Z. and Memeti S. (2018). A simple method for determination of protodioscin in *Tribulus terrestris* L. and pharmaceuticals by high-performance liquid chromatography using diode-array detection. *Journal of Chemical Engineering Research Updates*, 2, 12-21.
- Singh, S., Nair, V. and Gupta, YK. (2012). Evaluation of the aphrodisiac activity of *Tribulus terrestris* Linn. in sexually sluggish male albino rats. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 3, 43-47.
- Yeganeh, S., Sotoudeh, A. and Movaffagh, AN. (2017). Effects of *Tribulus terrestris* extract on growth and reproductive performance of male convict cichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 1003-1007.



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1092956

Yılmaz, S., Ergün, S., Kaya, H., Gürkan, M. (2014).  
Influence of *Tribulus terrestris* extract on the  
survival and histopathology of *Oreochromis  
mossambicus* (Peters, 1852) fry before and after  
*Streptococcus iniae* infection. Journal of Applied  
Ichthyology, 30(5), 994-1000.

## Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı ile Farklı Parametrelerde Kaynak Edilen AA5182/AA7075 Alaşım Çiftlerinin Mekanik ve Mikroyapılarının İncelenmesi

Edip Çetkin<sup>1\*</sup>, Anıl İmak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Batman, Türkiye

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

\*edipcetkin@hotmail.com , aimak@bingol.edu.tr 

Makale gönderme tarihi: 29.05.2022, Makale kabul tarihi: 26.09.2022

### Öz

Çalışmada, 1000, 1750 ve 2700 d/d devir, 6 ve 12 saniye sürtünme süreleri, konik helisel ve üçgen karıştırıcı uçlar kullanılarak sürtünme karıştırma nokta kaynak (SKNK) tekniği ile AA5182/AA7075 alüminyum alaşım çiftlerinin kaynakları yapılmıştır. Farklı parametrelerde kaynakları yapılan alaşım çiftlerinin, parametrelerinin birleşimleri üzerindeki etkilerini belirlemek için mikroyapı analizler ve mekanik testler yapılmıştır. Bu amaçla kaynak bölgelerinde oluşan mikroyapısal görüntüler alınmıştır. Bu görüntülerde karıştırıcı uçların alaşım çiftlerinin homojen bir birleşim için önemli bir faktör oldukları görülmüştür. Özellikle konik helisel uç 'un kullanıldığı kaynaklarda, kaynak birleşim bölgesinde malzeme akışı daha düzgün olduğu görülmüştür. Mekanik testler için ise öncelikle sertlik ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçümlerde üçgen karıştırıcı uç 'un kullanıldığı kaynaklarda konik helisel uçlara göre daha yüksek sertlik değerleri ölçülmüştür. Son olarak kaynaklı numuneler çekme yüküne tabi tutulmuştur. Sonuç olarak, konik helisel uç 'un 2700 d/d devirde ve 12 saniye sürtünme süresinde yapılan birleştirmelerinin ara kesitinde alınan numunenin mikroyapı görüntüsünde daha düzgün bir birleşimin olduğu ve bunun sonucunda çekme testlerinde de en iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** AA5281, AA7075, çekme deneyi, konik helisel uç, SKNK

## Investigation of Mechanical and Microstructure of AA5182/AA7075 Alloy Pairs Welded in Different Parameters by Friction Stir Spot Welding

### Abstract

In this study, AA5182/AA7075 aluminum alloy pairs were welded by friction stir spot welding (FSSW) technique using 1000, 1750 and 2700 rpm, stirrer times of 6 and 12 seconds and conical helical and triangular stirrer tips. Microstructural analyzes and mechanical tests were carried out to determine the effects of alloy pairs welded in different parameters on their joints. For this purpose, microstructural images formed in the welding zones were taken. In these images, it was seen that the alloy pairs of the stirrer tips were an important factor for a homogeneous joint. It was observed that the material flow was more uniform in the weld joint area, especially in welds where the conical helical tip is used. For mechanical tests, hardness measurements were taken first. In the measurements taken, higher hardness values were measured in the welds where the triangular stirrer tip was used, compared to the conical helical tips. Finally, the welded samples were subjected to tensile loads. As a result, it was seen that there was a smoother union in the microstructure image of the sample taken at the intersection of the conical helical tip's joints made at 2700 rpm and 12 seconds stirrer time, and as a result, the best results were obtained in the tensile tests.

**Keywords:** AA5281, AA7075, conical helical stirrer, FSSW, tensile test

### GİRİŞ

Günümüzün otomobil gereksinimlerinde, dayanıklılık, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik gibi zorlukları karşılamak için kaynak alanında yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlardan biri de bir katı

hal kaynak çeşidi olan sürtünme karıştırma nokta kaynağıdır (SKNK). SKNK farklı türden malzemelerin birleştirilmesinde kullanılan bir kaynak çeşididir. SKNK geliştirilmeden önce yoğun bir

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1123093

şekilde direnç nokta kaynağı (DNK) kullanılıyordu. Ancak, çelik ve alüminyum gibi malzemelerin kaynaklanması sırasında elektrot ömrünü sınırlayan yüksek elektrot aşınma oranı, yüksek sıcaklık ve hızlı soğutma hızı gibi kırılğan mikro yapının oluşmasına yol açan sınırlamaları vardır. Bu sınırlamaları önlemek için, sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) işlemi, özellikle düşük karbonlu çelik otomotiv çeliğini kaynaklanmasında kullanılan etkin bir katı hal işlemidir. SKNK, üst üste binme işleminde, bitişik malzemeler arasında bir katı hal birleşiminin yapıldığı ve tek noktadan yapılan bir birleştirme işlemidir. Bu işlem aynı zamanda mekanik perçinleme, sıkma ve geçiş kilidi gibi diğer geleneksel nokta kaynağı işlemleriyle ilişkili sorunları da ortadan kaldırmaktadır (Li ve ark., 2016).

Alüminyum alaşımları geri dönüşümleri kolay olduğu için çevre dostu olarak bilinen malzemelerdir. Alüminyum alaşımlarının füzyon kaynağı ile birleştirilmesinde çeşitli problemler ile karşılaşmaktadır. Bunlardan biri de kaynak işleminde, ciddi çatlamaya yol açan kırılğan intermetalik bileşikleridir. Bu nedenle, sağlam alüminyum bağlantıların üretimi bir zorluk olarak kalmaktadır (Ouyang ve ark., 2006) Alüminyum alaşımları ağırlıktan ciddi anlamda tasarruf sağladığı için otomotiv ve uçak endüstrisinde çokça tercih edilmektedir. Özellikle uçak endüstrisinde ağırlık azaltma çabaları, uçak gövdesi elemanlarında hafif alüminyum alaşımlarının artan kullanımına neden olmuştur. Uçak yüzeyine bağlı yapısal gövde altında, uçak gövdesi işlevini destekleyen birçok bileşen vardır. Tüm iskeleti ve bileşenlerini birleştirmek için civata, vida ve perçin gibi birkaç bağlantı elemanı kullanılmaktadır. Çok çeşitli malzemelerden imal edilen uçak gövdesi, yapısal bileşenlerini birleştirmek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Ancak bu birleştirmelerde en çok tercih edilenler, kaynak, yapıştırıcı ve özel hibrid yapıştırma teknikleridir. Bir katı hal kaynak yöntemi olan SKNK, yapıştırıcı ve özel hibrid yapıştırma tekniklerinden, temin edilmesi, uygulanması ve daha pratik olması gibi avantajlarından dolayı daha çok tercih edilmektedir (Li ve ark., 2018, Yuan ve ark., 2012).

SKNK tekniği ile yapılan birleştirme işlemlerinde araştırmacılar, karıştırıcı uçun geometrisi, daldırma uzunluğu, omuz genişliği, sürtünme süresi ve döndürme devri gibi parametreler üzerinde pek çok incelemeler yapmışlardır.

Bunlardan bazıları, Li ve ark. (2016) sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) ile birleştirilen kaynaklı bağlantılarda, ısı girdisini azaltmak ve malzeme akışını arttırmak için bir karıştırıcı pimin ucuna yarıya kadar diş açmışlardır. Bu karıştırıcı pimi, ucu tamamıyla dişli olan başka bir karıştırıcı pim ile karşılaştırmak için alclad 2A12-T4 alüminyum alaşımını, SKNK ile deneysel olarak birleştirmişler ve simülasyon yöntemi ile analiz etmişlerdir. Ucu tam dişli karıştırıcı pime kıyasla yarı dişli karıştırıcı pimin kullanıldığı deneylerde, kaynak sırasında oluşan sıcaklığın daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca yarı dişli karıştırıcı pimin daha yüksek malzeme akış hızından dolayı daha büyük bir bağlanma genişliği elde edilmesine katkı sağladığını tespit etmişlerdir. Reimann ve ark. (2017) sürtünme karıştırma kaynağı sonucu, kaynaklı bağlantılarda karıştırıcı pim tarafından kaçınılmaz olarak bırakılan çıkış deliği veya boşlukların onarılması için doldurma sürtünme karıştırma nokta kaynağını kullanmışlardır. Onarım işlemini karakterize etmek için, takım parçalarının konumu, kuvveti ve torku gibi karakteristik işlem parametrelerini incelemişlerdir. Kaynakları, mikroyapısal özellikler, mekanik performans ve termal döngü açısından analiz etmişlerdir. Yarı sabit omuz bobin karıştırıcı pim ile çıkış deliklerini başarılı bir şekilde doldurmuşlardır. Bilinen mikroyapısal özelliklere sahip hatasız kaynaklar elde etmişlerdir. Ding ve ark. (2017) AA5754 alüminyum alaşımını ve kaplanmış çeliği ötektik Al-Si kaplaması boyunca sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile birleştirmişlerdir. Çekme makaslama kayma gerilme dayanımının dalma derinliği ile arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca mikroyapılarda, ince silikon parçacıklarının kusurların giderilmesinde önemli bir rol oynayarak mukavemetin artmasına katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Fereiduni ve ark. (2015) Al-5083 alüminyum ve St-12 alaşım çeliğinin sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile birleştirilmesinde, karıştırıcı pim dönme devri ve bekleme süresinin birleştirilen ara yüzdeki mikroyapı ve gerilme-kayma dayanımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Bekleme süresinin bir fonksiyonu olarak mukavemetin artma eğilimini, bağlantı ara yüzünde ince bir intermetalik (IM) tabaka oluşumu ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. 1100 dev/dak dönme hızıyla karşılaştırıldığında, 900 dev/dak dönme hızının kullanıldığı deneylerde daha güçlü bağlantılar elde etmişlerdir. Colmenero ve ark. (2018)

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1123093

AA1050 alüminyum alaşımını ve saf bakır levhaları farklı karıştırıcı pim dönme devirlerinde ve bekleme sürelerinde sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) işlemi ile birleştirmişlerdir. Kaynak parametrelerini, tepki yüzeyi yöntemi kullanılarak optimize etmişlerdir. Optimum parametrelerle yapılan farklı Al/Cu SKNK bağlantılarının iyi bir çekme/kayma hatası yükü sergilediğini gözlemlemişlerdir. Padmanaban ve ark. (2016) AA6061 alüminyum alaşımlarının sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile birleştirilmesinde çekme/kayma hasar yükü üzerine işlem parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. SKNK'da karıştırıcı pim dönme devrinin, karıştırıcı pim omuz çapının ve bekleme süresinin hasar yükü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Kim ve ark. (2017) takım geometrisinin ve işlem parametrelerinin, farklı alüminyum alaşımlarının sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) ile birleştirilmesinden işlem parametrelerinin mekanik özellikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. İç ve dışbükey olmak üzere farklı omuz profillerine sahip iki karıştırıcı pim ile deneylerini gerçekleştirmişlerdir. İki omuz profilinin aksel kuvvet, malzemelerin karışımı ve eklem mekanik özelliklerinde önemli farklılıklara neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Bağlantı mukavemetinin karıştırıcı pim dönme devri ve dalma hızı değişmesine duyarlılığı da omuz profiline oldukça bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Tier ve ark. (2017) AA5052 alüminyum alaşımlarının SKNK ile birleştirilmesinde, farklı karıştırıcı pim dönme devirlerinin kaynaklı bağlantıların mikroyapılarına etkilerini incelemişlerdir. Üç farklı kaynak ara-yüzü gözlemlemişlerdir. Bunlar birincil bağlama, kısmi bağlama ve ikincil bağlamadır. Düşük karıştırıcı pim dönme devirlerinde kaynaklı bağlantıların daha iyi olduğunu ve bunun da mekanik özellikleri olumlu yönde etkilediğini vurgulamışlardır. Kaçar ve ark. (2011) 5754 alüminyum alaşım malzemesini farklı kaynak parametrelerinde araya Cu malzemesini kullanılarak SKNK ile birleştirmişlerdir. Cu ve kaynak parametrelerin yapılan birleşimler üzerindeki etkisini belirlemek için mekanik deneyler ve mikroyapı incelemeleri yapmışlardır. Deneyler sonucunda Cu ara tabakasının kullanıldığı birleştirmelerde daha yüksek mekanik değerler elde edildiğini belirtmişlerdir. Bunun birleşim bölgesindeki Cu'nun etkisinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Siddharth ve Senthilkumar (2018)

Al5086/C10100 malzemeleri farklı dönme devri, farklı dalma mesafesi ve sürtünme sürelerinde SKNK ile birleştirmişlerdir. Yapılan birleştirmelerin mikroyapı analizlerinde yüksek dönme devirlerinde kaynak bölgesinde aşırı malzeme erimelerinin olduğu ve bundan dolayı çekme makaslama değerlerinde düşüşlerin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 1 mm ve 1.25 mm dalma derinliklerinde uygun birleşmelerin olmadığını ifade etmişlerdir.

Kubit ve ark. (2018) Farklı sürtünme süresi ve dalma derinliklerinde AA7075-T6 alüminyum alaşımını doldurma SKNK yöntemi ile kaynak etmişlerdir. Burada kaynak işleminin son aşamasında karıştırıcı uç ters yönde çalıştırarak plastite olan malzeme karıştırıcı uç boşluğunu doldurmuştur. Yapılan birleştirmelerde uygun uç dalma mesafesini ve sürtünme süresini belirlemişlerdir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde SKNK ile yapılan birçok çalışmanın olduğu görülmektedir. Özellikle karıştırıcı uç ve uç'un dalma derinliği ile alakalı. Bu çalışmada özellikle havacılık sektöründe çokça tercih edilen AA7075 alaşımı ile korozyona karşı dayanımı yüksek olması sebebiyle marina ve kimyasal reaktör proseslerinde kullanımı yaygın olan AA5182 alaşım çiftleri kaynak işlemi için tercih edilmiştir. Katı hal kaynaklarında karıştırıcı uçların önemi çok büyük olduğu için yapılan çalışmada özellikle bu parametreye dikkat edilmiştir. Bu amaçla çalışmada iki tip karıştırıcı uç kullanılmıştır. Bunlar, konik helisel ve üçgen geometriye sahip karıştırıcı uçlardır. Diğer parametreler ise 1000, 1750 ve 2700 d/d devirler ve 6 ve 12 saniye sürtünme süreleridir. Kaynak işlemleri tamamlandıktan sonra parametrelerin etkisini belirlemek için mikroyapı analizler ve mekanik (sertlik ve çekme deneyleri) testler gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Çalışmada, AA7075 alaşımının havacılık sektöründeki önemi ve AA5182 alaşımının ise korozyona karşı dayanımları ile marina ve kimyasal reaktör proseslerindeki kullanımları dikkate alınarak kaynak işlemlerinde tercih edilmiştir. Bu malzemeler ticari olarak 210 cm x 150 cm x 3 mm boyutlarında temin edilmiştir. Bu alaşımlara ait kimyasal bileşimler ve mekanik özellikler sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir (Çetkin, 2018).

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1123093

**Tablo 1.** Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri (Çetkin, 2018)

Malzeme	Alaşım Elementleri								
	Cu	Cr	Fe	Si	Zn	Mn	Mg	Ti	Al
AA5182	0,15	0,10	0,35	0,20	0,25	0,35	4,5	0,10	Kal.
AA7075	1,6	0,23	0,40	0,40	5,6	0,30	2,5	0,20	Kal.

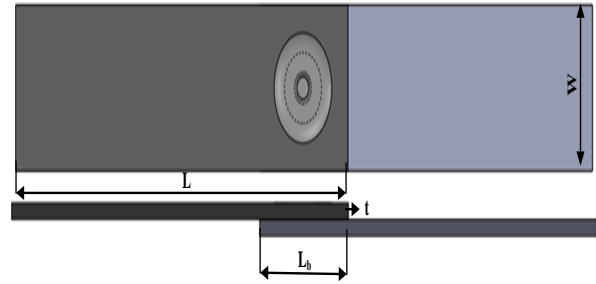
**Tablo 2.** Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri (Çetkin, 2018)

Malzeme	Çekme dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması (%)	R0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Elastite Modülü (GPa)	Sertlik (HV)
AA5182	280-350	27	154	69,6	71
AA7075	580-583	10	509-513	72	150

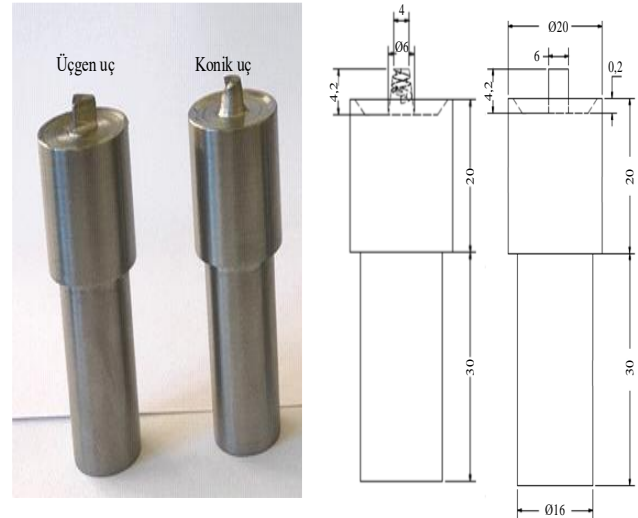
### SKNK Yönteminin Uygulanması

SKNK yöntemi ile kaynaklarının yapılması için ilk önce numune hazırlama işlemi yapılmıştır. Bu amaçla ticari olarak 210 cm x 150 cm x 3 mm boyutlarında temin edilen alüminyum plakaları (AA5182 ve AA7075) 115x30x3 (L\*W\*t) mm ebatlarına kesilmiştir. Şekil 1’de yapılan kaynak işleminin katı modellemesinin görüntüsü verilmiştir. Numune hazırlama işlemi bittikten sonra kaynakların yapılmasında kullanılan uçların üretimine geçilmiştir. Bunun için K100 (X210Cr12) çeliği kullanılmıştır. K100 (X210Cr12) çeliği kimyasal birleşiminde %2 C, %0,25 Si ve %11,5 Cr içermektedir (<https://www.bohlerturkiye.com/tr/products/k100/>). Karıştırıcı uçlar konik helisel ve üçgen geometrik şekilli olmak üzere iki tipte üretimleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de ise kaynak işleminde kullanılan karıştırıcı uçların teknik çizimleri ve makro görüntüleri verilmiştir. Üretim işlemi tamamlandıktan sonra kaynak işlemi esnasında uçlarda herhangi bir aşınmanın meydana gelmemesi için uçlar 850 °C ve 35 dk fırında ısıl işleme tabi tutulmuştur. Numune hazırlama ve kaynak işleminde kullanılan uçlarının hazırlama işlemleri tamamlandıktan sonra literatüre göre belirlenen parametreler ile freze tezgahında kaynakların yapılmasına geçilmiştir. Şekil 3’te kaynak işleminin yapıldığı deneysel kurulumu göstermektedir. Bu işlem için 4.2 mm sabit daldırma derinliğinde 6 ve 12 saniye sürtünme süresi ve 1000, 1750 ve 2700 d/d dönme devirleri parametreler seçilmiştir (Tablo 3’te verilmiştir). Kaynak işlemi için öncelikle karıştırıcı uç freze başlığına takılmıştır. Sonra numunelerin frezenin tablasına sabitleme işlemine geçilmiştir. Bunun için öncelikle  $L_b=30$  mm sabit bindirme

mesafesi ayarlanmıştır. Daha sonra kaynak işlemi esnasında numunelerin kaymaması için freze tezgahının tablasında pabuçlar yardımı ile numuneler sabitlemiştir. Numunelerin sabitleme işlemi tamamlandıktan sonra belirlenen parametrelerde öncelikle freze tezgahında devir sayısı ayarlanmıştır. Son olarak bir kronometre yardımı ile sürtünme süresi takip edilecek şekilde manuel olarak karıştırıcı uç numunelere daldırılmıştır. Şekil 4’te Üçgen profil uç kullanılarak kaynak edilen numunelerin toplu görüntüleri verilmiştir.



**Şekil 1.** SKNK ile yapılan kaynakların şematik gösterimi



**Şekil 2.** SKNK yönteminde kullanılan karıştırıcı uçların profilleri (Çetkin, 2018)

**Tablo 3.** SKNK işleminde kullanılan parametreler

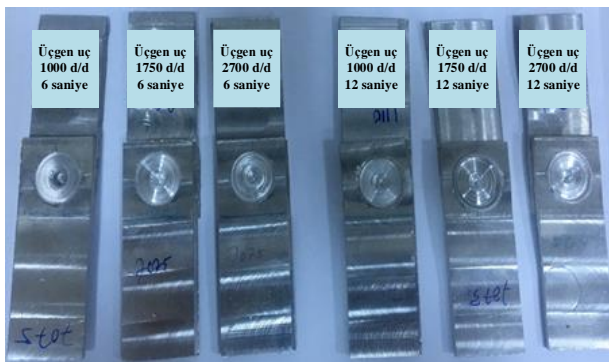
Malzeme	Karıştırıcı uç Profili	n: Dönme devri (d/d)	t: Sürtünme süresi(saniye)
AA5182/AA7075	Konik	1000	6
			12
		1750	6
			12
			6
			12
2700	6		
	12		

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1123093

	1000	6	12
Üçgen	1750	6	12
	2700	6	12



Şekil 3. Kaynak işlemlerinin yapıldığı Freze tezgâhı



Şekil 4. Üçgen profil uç kullanılarak kaynak edilen numuneler

#### Metalografik ve Mikro Sertlik İncelemeler

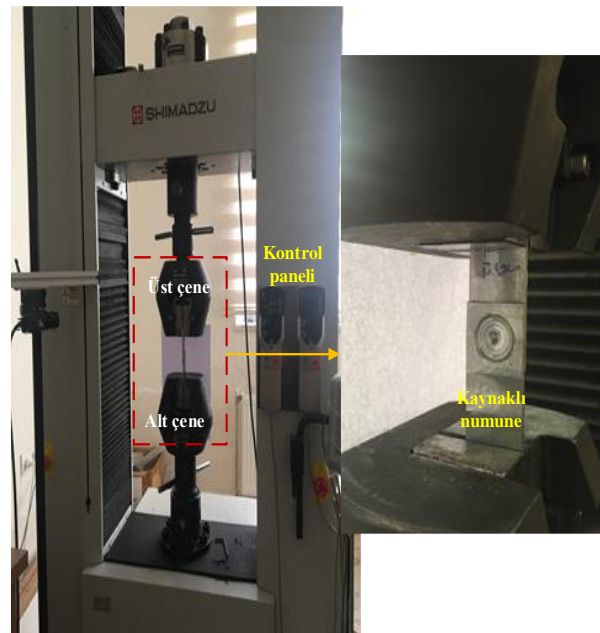
SKNK ile yapılan birleştirmelerde kaynak bölgesinde oluşan mikroyapısal değişimleri gözlemlemek için numunelerin metalografik işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bu amaçla

kaynak bölgesinden kesilen numunelerin zımparalama, elmas pasta ile yüzey temizleme ve elmas pasta ile yüzey parlatma işlemleri yapılmıştır. Zımparalama işlemi için sırasıyla 220, 400, 800 ve 1200 gritlik zımparalardan geçilmiştir. Daha sonra 3 mikronluk elmas pasta ile numunelerin son parlatma işlemi yapılmıştır. Parlatma ve zımparalama işlemi tamamlandıktan sonra numunelerin dağlama işlemi yapılmıştır. Bu işlem için 6 ml nitrik asit, 2 ml HF ve 92 ml saf sudan oluşan dağlayıcı çözeltisi kullanılmıştır.

Kaynak işlemi sırasında oluşan ısıdan dolayı kaynaklı numunelerde farklı mikro-yapısal bölgeler oluşmaktadır. Bu bölgeler arasında oluşan mikrosertlik değişimleri gözlemlemek kaynaklı bağlantılar için çok önemlidir. Bu amaçla bu çalışmada Vickers (HV0.1) sertlik ölçüm birimi kullanılarak numunelerden 1N yük altında 1 mm'lik aralıklarla mikro-sertlik ölçümleri alınmıştır.

#### Deneysel Hasar Yüklerinin Belirlenmesi

SKNK tekniği ile kaynak edilen AA5182/AA7075 alüminyum alaşım çiftlerinin çekme dayanımlarını belirlemek için her parametreden en az üç numunenin çekme testi yapılmıştır. Deneyler 250 kN yük kapasitesine sahip SHIMADZU marka çekme test cihazında 1mm/dk sabit ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'te çekme işlemi esnasında çekilen bir görüntü verilmektedir.

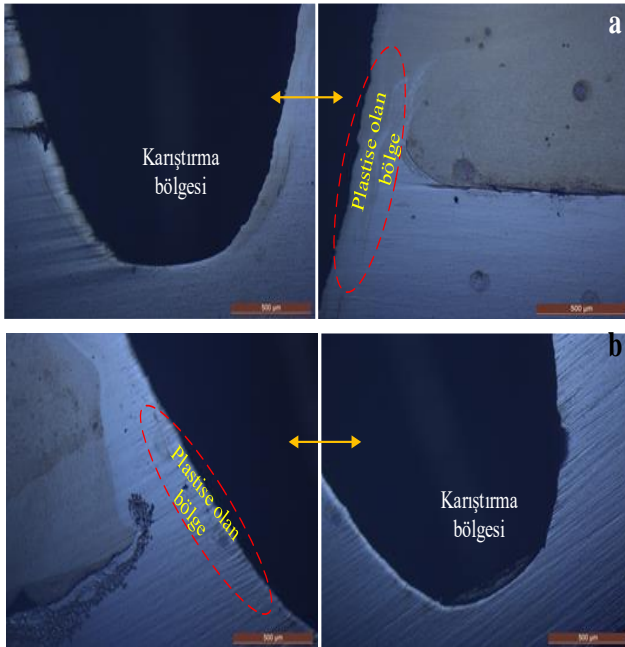


Şekil 4. Çekme deneyleri yapılan numuneler

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1123093

## TARTIŞMA VE SONUÇ

SKNK yöntemi kullanılarak AA5182/AA7075 alüminyum alaşım çiftlerinin; konik helisel ve üçgen karıştırıcı uçlar, 1000, 1750 ve 2700 d/d dönme devirleri, 6 ve 12 saniye sürtünme sürelerinde kaynakları yapılmıştır. Kaynak işlemleri bittikten sonra parametrelerin birleştirmeler üzerindeki etkilerini incelemek için mikro yapı analizler ve mekanik testler yapılmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da yapılan kaynakların optik, şekil 7 ve şekil 8'de SEM görüntüleri, şekil 9 ve şekil 10'da mikro-sertlikler ve şekil 11 ve şekil 12'de ise çekme deney grafikleri verilmiştir.



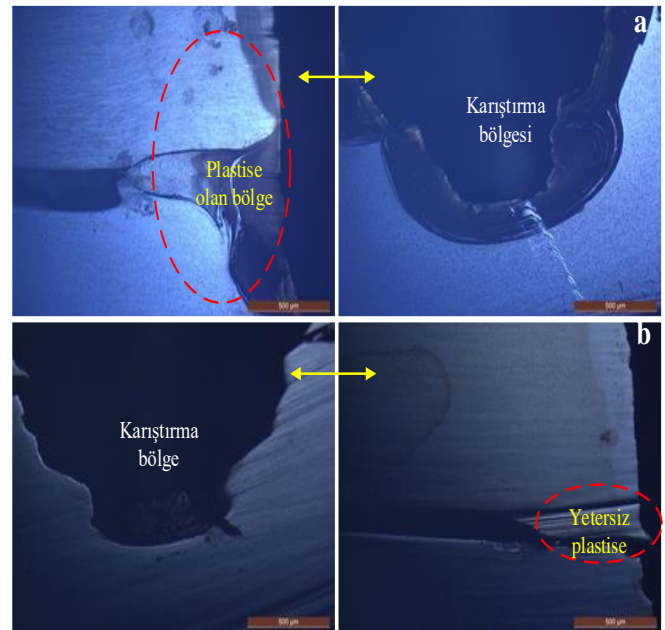
**Şekil 5.** Konik helisel karıştırıcı uç kullanılarak kaynak edilen AA5182/AA7075 alaşım çiftinin mikro-yapı görüntüleri (a: 1000 d/d - 6 saniye; b:2700 d/d - 12 saniye)

Şekil 5'te konik helisel uç'un kullanıldığı kaynak işleminin mikro yapı görüntüleri incelendiğinde, karıştırma bölgesinde düz (homojen) bir malzeme akışının olduğu görülmektedir. Yani derin tünel boşlukların olduğu bir yapı görülmemektedir. 12 saniye sürtünme süresinin olduğu numunenin karıştırma bölgesinin etrafında yüksek ısının etkisiyle daha açık bir renk görünümü almıştır (Şekil 5-b).

Şekil 6'da üçgen karıştırma uç'un kullanıldığı numunelerin mikro yapı görüntüleri ele alındığında helisel konik karıştırıcı uç'un kullanıldığı kaynaklara

göre karıştırma bölgelerinde farklı bir mikro yapının olduğu görülmektedir. Çünkü karıştırma bölgesinin nihai mikro yapısına incelendiğinde birleşme bölgelerinde iyi bir malzeme akışının olmadığından birleşmeyen bölgelerin varlığı görülmektedir. Bu durumun üçgen karıştırıcı uç'un geometrik yapısına bağlı olarak kaynak işlemi esnasında malzemenin yeterli düzeyde plastise edilememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 7'de Konik helisel uç'un kullanıldığı kaynak işleminde KM, TMAB ve IEB'in SEM görüntüleri verilmiştir.



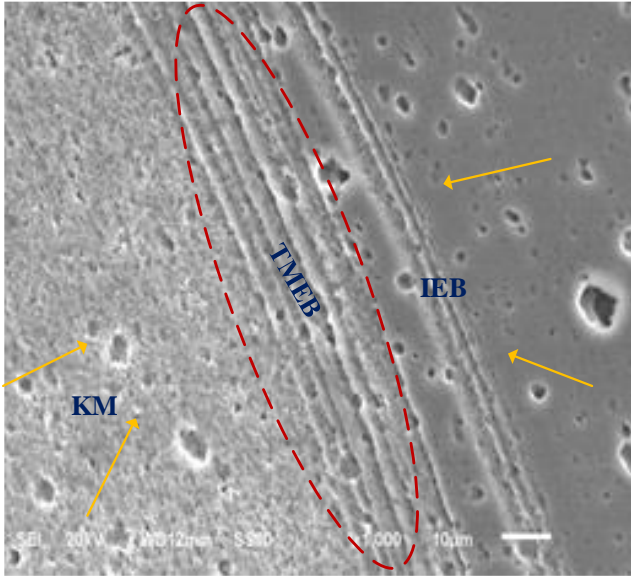
**Şekil 6.** Üçgen karıştırıcı uç kullanılarak kaynak edilen AA5182/AA7075 alaşım çiftinin mikro-yapı görüntüleri (a: 1000 d/d- 6 saniye; b:2700 d/d - 12 saniye)

Şekil 7'de konik helisel uç'un kullanıldığı kaynak işleminin SEM görüntüsünde, KM'den (kaynak bölgesi) IEB'e (ısı etkisi altındaki bölge) doğru gidildikçe ısının etkisiyle malzemenin renginde koyulaşmanın olduğu görülmektedir. KM'nin ince taneli bir yapıya sahip olduğu ancak TMEB (Termomekaniksel olarak etkilenen bölge) ve IEB'de iri taneli yapıya sahip olduğu görülmüştür. Kaynak işlemi esnasında TMEB plastik deformasyona uğrarken (Şekil 7'de deformasyon çizgileri net bir şekilde görülmektedir) IEB ise yüksek ısıya maruz kalmaktadır. Soğuma esnasında bu bölgelerdeki atomlar yeterli difüze olabilecek zamanları olmadığı için ara yerlerde kararsız kalmaktadırlar. Bu durum

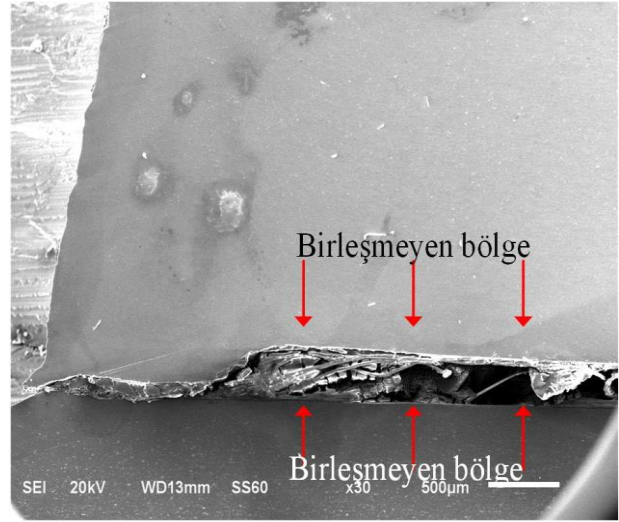
Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1123093

malzemenin TMEB ve IEB bölgelerinde iri taneli bir yapıya sahip olmasına neden olmuştur.

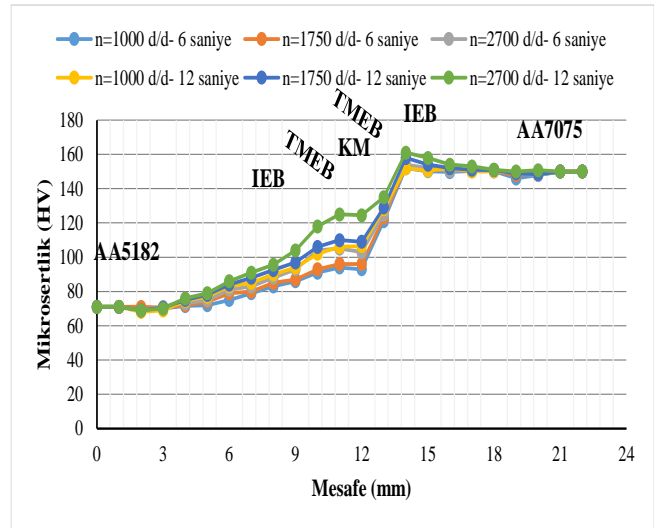
Şekil 8’de üçgen karıştırıcı uç’un, 2700 d/d dönme devri ve 12 saniye sürtünme süresi parametreleri ile kaynak edilen numunenin SEM görüntüsü verilmiştir. Görüntülerde birleşmeyen bölgelerin varlığı rahatlıkla görüle bilinmektedir. Bu durumun kaynak işleminde malzemenin plastise etmesini beklenen üçgen karıştırıcı uçtan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı parametrelerin ve helisel konik karıştırıcı ucun kullanıldığı kaynak işleminin mikroyapı görüntüsü (Şekil 5-b ve Şekil 7) ile kıyaslandığında bu durum rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 7. Konik helisel karıştırıcı uç kullanılarak kaynak edilen AA5182/AA7075 alaşım SEM görüntüsü (2700 d/d – 12 saniye)



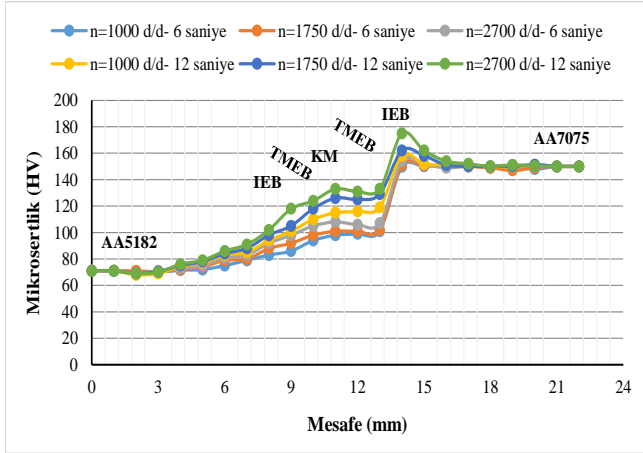
Şekil 8. Üçgen karıştırıcı uç kullanılarak kaynak edilen AA5182/AA7075 alaşım SEM görüntüsü (2700 d/d – 12 saniye)



Şekil 9. Konik helisel uç kullanılarak kaynak edilen AA5182/AA7075 alaşım çiftlerinin sertlikleri



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1123093

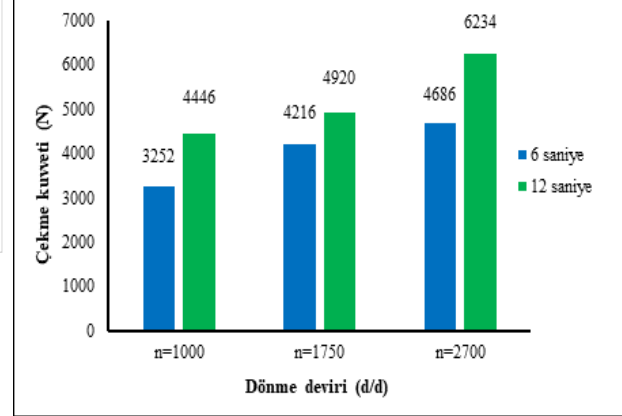


Şekil 10. Üçgen uç kullanılarak kaynak edilen AA5182/AA7075 alaşım çiftlerinin sertlikleri

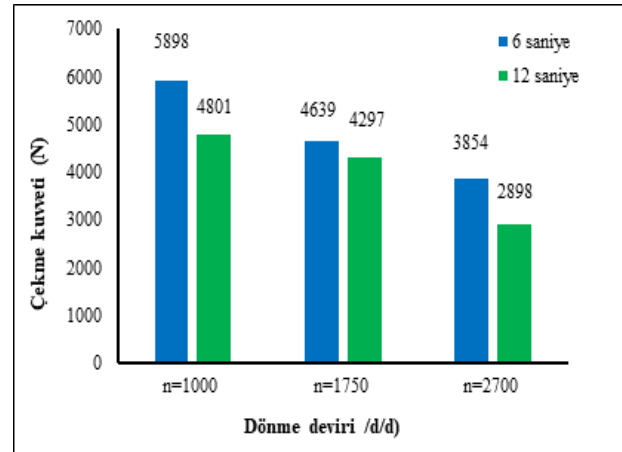
Şekil 9 ve Şekil 10'da mikro-sertlik grafikleri incelendiğinde, AA5182 malzemesinden kaynak merkezine (KM) doğru gidildikçe sertlik değerlerinde artışların olduğu görülmüştür. Özellikle ısı etkisi altındaki bölgelerde (IEB) bu durum daha açık bir şekilde görüle bilinmektedir. Bu durumun soğuma ile birlikte malzemenin tane yapısının değişmesinden (Şekil 7) kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Ekinci'nin (2021) yaptığı doktora çalışmalarında KM, TMEB ve IEB'ler de oluşan sertlik değerlerinin kaynak işlemi esnasında oluşan ısıya bağlı olarak meydana gelen tane yapılarından etkilendiğini belirtmiştir. Ayrıca Kaçar ve ark. (2011) Dinamik olarak yeniden kristalleşmeyle TMEB'de oluşan ince taneli yapıdan benzer şekilde sertlik artışlarının olduğunu ifade etmişlerdir. KM'den AA7075 ana malzemesine doğru gidildikçe benzer şekilde IEB'de hızlı soğuma ile birlikte malzeme de meydana gelen tane irileşmesine bağlı olarak sertlikte ani artışlar olmuştur. AA7075 malzemesinin ısı iletim katsayısı AA5182'de daha yüksek olduğu için IEB'nin de artışlar daha yüksek olmuştur. Bu durum özellikle üçgen karıştırıcı uç 'un 2700 d/d dönme hızı ve 12 saniye sürtünme süresi parametrelerinin kullanıldığı numunede daha açık bir şekilde görülmüştür. Bunun sebebi üçgen karıştırıcı uç 'un karıştırma esnasında konik helisel karıştırıcı uç'a göre daha fazla zorlanmasıyla birlikte karıştırma bölgesinde daha yüksek ısının oluşmasına sebebiyet vermesinden kaynaklandığı öngörülmüştür. KM bölgesinde en yüksek sertlik 133 HV ile n=2700 d/d-12 saniye parametrelerin üçgen karıştırıcı uç ile yapılan kaynaktan elde edilmiştir. Helisel konik karıştırıcı uç'un kullanıldığı kaynaklarda ise KM

bölgesinde n=2700 d/d ve 12 saniye sürtünme süresinde 125 HV olarak ölçülmüştür.

Şekil 11 ve Şekil 12'de konik helisel uç ve üçgen karıştırıcı uçların kullanıldığı kaynaklı birleştirmelerin çekme deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 11. Konik helisel uç 'un kullanıldığı numunelerin çekme değerleri



Şekil 12. Üçgen uç 'un kullanıldığı numunelerin çekme değerleri

Farklı dönme devri ve farklı sürtünme sürelerinde konik helisel ve üçgen karıştırıcı uçlar ile yapılan SKNK birleştirmelerin çekme dayanımları üzerindeki etkileri Şekil 11 ve Şekil 12'de verilmiştir. Sabit dönme devirlerinde yapılan birleştirmelerde konik helisel karıştırıcı uç 'da 12 saniye sürtünme süresinin kullanıldığı kaynaklarda daha yüksek çekme kuvvetleri elde edilirken üçgen uç 'da 6 saniye sürtünme sürelerinde daha yüksek çekme kuvvetleri elde edilmiştir. Helisel konik karıştırıcı uç 'un kullanıldığı deneylerde 2700 dönme devri 'de en yüksek çekme kuvveti elde edilmiştir. Ancak üçgen karıştırıcı uç 'un kullanıldığı birleştirmelerde ise en

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1123093

yüksek çekme kuvveti 1000 d/d ve 6 saniye sürtünme süresi parametrelerinde 5898 N olarak elde edilmiştir. Konik helisel uçta yüksek devirde karıştırma bölgesinde malzeme daha iyi plastite edildiği için daha iyi kaynak bağlantıları elde edilmiştir. Yapılan mikro yapı analizlerinden bu durum rahatlıkla ifade edilebilir. Ancak Üçgen profili uçta, pin profilinden dolayı yüksek devirde malzeme akışı homojen olmadığı için tersi bir durum meydana gelmiştir. Şekil 6'da mikroyapı görüntülerinde 2700 d/d ve 12 saniye parametrelerinde yapılan birleşmenin kaynak bölgesindeki yetersiz bileşimler ve tünel boşluklardan bu durum görülmektedir. Konik helisel ve üçgen karıştırıcı uçların kullanıldığı kaynaklı birleştirmeler de en yüksek çekme kuvveti 6234 N ile konik helisel karıştırıcı uç'un kullanıldığı deneyler de elde edilmiştir. Sudağ ve Akkurt, (2014) Konik, üçgen ve kare profili karıştırıcı uçların kullanıldığı SKNK birleştirmelerinde en yüksek çekme kuvvetini kare profili uç'un kullanıldığı birleştirmeler de elde edildiğini belirtmişlerdir.

## SONUÇLAR

Konik helisel ve üçgen karıştırıcı uçlar, 1000, 1750 ve 2700 d/d dönme devirleri ve 6 ve 12 saniye sürtünme süreleri parametreleri kullanılarak AA5182/AA7075 alüminyum alaşım çiftleri sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile başarılı bir şekilde kaynak edilmiştir. Parametrelerin kaynak birleşimleri üzerindeki etkileri belirlemek için mikro yapı analizleri ve mekanik testler (sertlik ve çekme deneyleri) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Konik helisel karıştırıcı uç tipinin kullanıldığı kaynak işleminin mikroyapı analizlerinde, karıştırma bölgesindeki malzeme akışı daha homojen olmuştur. Üçgen karıştırıcı uç'un kullanıldığı kaynak işlemlerde tam malzeme akışı ve plastite sağlanamadığı için birleşmeyen bölgelerin varlığı tespit edilmiştir.

2. Yapılan kaynak işlemlerinin mikrosertlik deneylerinde ısı etkisi altındaki bölgelerde ani sıçramalar olmuştur. Özellikle üçgen karıştırıcı uç, 12 saniye sürtünme ve 2700 dönme devri parametrelerin kullanıldığı numunede çok belirgin artışlar olmuştur. Kaynak merkezindeki en yüksek mikrosertlik değeri de bu numune de 133 HV olarak ölçülmüştür. Konik helisel uçta ise yine Kaynak merkezindeki en yüksek sertlik benzer parametrelerin kullanıldığı kaynak işleminde 125 HV olarak ölçülmüştür.

3. Kaynaklı birleştirmelerin çekme deneylerinde, sabit dönme devirlerinde ve farklı sürtünme sürelerinde konik helisel karıştırıcı uçun kullanıldığı kaynaklarda, 12 saniye sürtünme sürelerinin kullanıldığı birleştirmelerde daha yüksek çekme kuvvetleri elde edilmiştir. Ancak üçgen karıştırıcı uçta 6 saniye sürtünme süresinde daha yüksek çekme kuvvetleri elde edilmiştir. Yapılan bütün birleştirme işlemlerinde en yüksek çekme kuvveti, konik helisel karıştırıcı uç, 2700 d/d dönme devri ve 12 saniye sürtünme süresi parametrelerin kullanıldığı kaynak işleminde 6234 N olarak elde edilmiştir. Konik helisel uçta daha yüksek çekme kuvvetinin elde edilmesi, malzemenin bu uç'ta daha iyi plastise olması ve buna bağlı olarak boşluksuz düzgün dağılımlı kaynak metali elde edilmesidir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Awang, M., Ismail, A. and Zaman, M. A. K. (2016). Effect of process parameters on the strength of swept friction stir spot-welded plates. *Advanced Structured Materials*, 61(May), 105–110. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1082-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1082-8_11)
- Colmenero, A. N., Orozco, M. S., Macías, E. J., Fernández, J. B., Muro, J. C. S. D., Fals, H. C. and Roca, A. S. (2019). Optimization of friction stir spot welding process parameters for Al-Cu dissimilar joints using the energy of the vibration signals. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 100(9–12), 2795–2802. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2779-y>
- Çetkin, E. (2018). TIG, MIG ve FSW yöntemleri kullanılarak birleştirilen AA7075/AA5182 kaynaklı bağlantıların mikroyapı ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Batman üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, Batman.
- Ding, Y., Shen, Z. and Gerlich, A. P. (2017). Refill friction stir spot welding of dissimilar aluminium alloy and AISI coated steel. *Journal of Manufacturing Processes*, 30, 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2017.10.006>

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1123093

- Ekinci, Ö. (2021). Sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile birleştirilen 7075 Al ve AZ91 Mg alaşımlarının mikroyapı ve mekanik özelliklerinin araştırılması. Doktora tezi, Bingöl Üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, Bingöl.
- Fereiduni, E., Movahedi, M., and Kokabi, A. H. (2015). Aluminium/steel joints made by an alternative friction stir spot welding process. *Journal of Materials Processing Technology*, 224, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.04.028>
- Kaçar, R., Ertek EMRE, H., Demir, H. ve Gündüz, S., (2011) Al-Cu-Al malzeme çiftinin sürtünme karıştırma nokta kaynak kabiliyeti. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 26, No 2, 349-357.
- Kim, J. R., Ahn, E. Y., Das, H., Jeong, Y. H., Hong, S. T., Miles, M., & Lee, K. J. (2017). Effect of tool geometry and process parameters on mechanical properties of friction stir spot welded dissimilar aluminium alloys. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 18(3), 445–452. <https://doi.org/10.1007/s12541-017-0053-0>
- Kubit, A., Kluz, R., Trzepieciński, T., Wydrzyński, D. and Bochnowski, W., (2018) Analysis of the mechanical properties and of micrographs of refill friction stir spot welded 7075-T6 aluminium sheets. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, Vol. 18, Issue 1, 235 – 244. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.07.00>
- Li, Z., Yue, Y., Ji, S., Peng, C. and Wang, L. (2016). Optimal design of thread geometry and its performance in friction stir spot welding. *Materials and Design*, 94, 368–376. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.01.081>
- Li, W.Y., Chu, Q., Yang, X.W., Shen, J.J., Vairis, A. and Wang, W.B., (2018) Microstructure and morphology evolution of probeless friction stir spot welded joints of aluminum alloy. *Journal of Materials Processing Technology* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.09.003>
- Reimann, M., Goebel, J., Gartner, T. M. and dos Santos, J. F. (2017). Refilling termination hole in AA 2198–T851 by refill friction stir spot welding. *Journal of Materials Processing Technology*, 245, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.02.025>
- Siddharth, S. and Senthilkumar, T., (2018) Development of friction stir spot welding windows for dissimilar Al5086/C10100 spot joints. *Materials Today: Proceedings*, 5, 6550–6559.
- Sudag, M. and Evran, A. (2014). Estimation of Friction Stir Spot Welded Aluminium Alloy's Tensile Strength with the Method of Multiple Regression Analysis. July 2015.
- Tier, M. D., Rosendo, T. S., Mazzaferro, J. A., Mazzaferro, C. P., dos Santos, J. F. and Strohaecker, T. R. (2017). The weld interface for friction spot welded 5052 aluminium alloy. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(1–4), 267–276. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9370-1>.
- Ouyang, J., Yarrapareddy, E. and Kovacevic, R. (2006). Microstructural evolution in the friction stir welded 6061 aluminium alloy (T6-temper condition) to copper. *Journal of Materials Processing Technology*, 172(1), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.09.013>
- Yuan, W., Mishra, R.S., Carlson, B., Verma, R. and Mishra R.K., (2012) Material flow and microstructural evolution during friction stir spot welding of AZ31 magnesium alloy. *Mater Sci Eng A* 2012; 543:200–9.

## Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Juvenillerinin Anestezisinde Karanfil (*Eugenia caryophyllus*), Okaliptüs (*Eucalyptus citriodora*) ve Melisa (*Melisa officinalis*) Esansiyel Yağlarının Etkin Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Çiğdem Coşansel<sup>1</sup>, Erkan Can<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli, Türkiye

cigdemcosansel@hotmail.com<sup>id</sup>, \*ecanengineer@gmail.com<sup>id</sup>

Makale gönderme tarihi: 26.01.2022, Makale kabul tarihi: 26.05.2022

### Öz

Su ürünleri yetiştiriciliğinde 2-fenoksietanol, MS-222 ve benzokain gibi sentetik anestetikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerika ve İngiltere'de yemeklik balıklarda kullanılmasına yasal olarak izin verilen tek anestetik madde MS-222'dir. İlaç ve Gıda Örgütü (FDA) tarafından MS-222'nin balık vücudundan atılma süresi su sıcaklığına göre farklılık göstermekle birlikte ortalama 21 gün olarak belirtilmiştir. Bu da balıkların pazarlanmasında gecikme yaşanmasına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalarda karanfil (*Eugenia caryophyllus*) esansiyel yağının (KEY) anestetik etkileri üzerine birçok çalışma gerçekleştirildiği görülmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda okaliptüs (*Eucalyptus citriodora*) esansiyel yağı (OEY) ve melisa (*Melisa officinalis*) esansiyel yağının (MEY) anestetik etkileri hakkında birkaç çalışmanın olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, KEY (Kontrol); 25, 37,5, 50 µl L<sup>-1</sup>, OEY; 300, 350, 400 µl L<sup>-1</sup> ve MEY; 200, 300, 400 µl L<sup>-1</sup> olarak üçer farklı konsantrasyonda kullanılmış olup gökkuşığı alabalığı juvenil bireylerinde uygun anestetik konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Karanfil esansiyel yağının 37,5 µl L<sup>-1</sup>, okaliptüs esansiyel yağının 400 µl L<sup>-1</sup>, melisa esansiyel yağının 400 µl L<sup>-1</sup> konsantrasyonları ile kullanımı gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) için minimum etkili konsantrasyonlar olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Anestetik madde, gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), karanfil yağı, melisa yağı, okaliptüs yağı, sürdürülebilir akuakültür

## Determination of Effective Concentrations of Clove (*Eugenia caryophyllus*), Eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*) and Melissa (*Melissa officinalis*) Essential Oils in Anesthesia of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Juveniles

### Abstract

Synthetic anesthetics such as 2-phenoxyethanol, MS-222 and benzocaine are widely used in aquaculture. MS-222 is the only anesthetic agent legally permitted for use in edible fish in the United States and England. The time of expulsion of MS-222 from the fish body by the Drug and Food Organization (FDA) is 21 days however it depends on the water temperature. This causes a delay in marketing of fish. In studies conducted, it is seen that many studies have been carried out on the anesthetic effects of clove (*Eugenia caryophyllus*) essential oil (CEO). However, there have been few studies on the anesthetic effect of eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*) essential oil (EEO) and balm (*Melisa officinalis*) essential oil (BEO) in recent studies. CEO (control) in the study; 25, 37.5, 50 µl L<sup>-1</sup>, EEO; 300, 350, 400 µl L<sup>-1</sup> and BEO; 200, 300, 400 µl L<sup>-1</sup> were used in three different concentrations and appropriate anesthetic concentrations were determined in rainbow trout juvenile individuals. The minimum effective concentrations of CEO, EEO, and BEO were specified as 37.5 µl L<sup>-1</sup>, 400 µl L<sup>-1</sup>, and 400 µl L<sup>-1</sup>, respectively, for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

**Keywords:** Anesthetic, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), clove essential oil, balm essential oil, eucalyptus essential oil, sustainable aquaculture

## GİRİŞ

Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Salmonidae familyasına ait bir türdür. Alabalık türleri içerisinde yetiştiriciliği en geniş kapsamlı olanı Kuzey Amerika orijinli Gökkuşluğu alası olmuştur (Steffens 1981; Yamaner ve ark., 2022). Gökkuşluğu alabalığı ülkemizde de balık yetiştiriciliğinde en çok üretilen tatlı su balığı türü durumundadır.

Anestezi, sinirsel fonksiyonların baskılanmasına bağlı vücudun belli bir bölümünde veya tamamında his kaybı olarak tanımlanabilir. Akuakültürde 1940'ların başlangıcında kullanımı artan anestetik maddeler, bugün balık yetiştiriciliğinin hemen hemen her safhasında çok geniş ölçüde kullanım alanı bulmaktadır (Coyle ve ark., 2004; Küçük ve ark., 2016). Sedatif ve anestetik maddeler, balıkların hareket kabiliyetini azaltılması, sakinleştirme ile balıkların daha rahat muamele edilmesi, transfer gibi işlemlerin yapılması, yakalanması, incelenmesi (sağım, ölçüm vb) ve aşılama gibi çok çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Yanar ve Genç 2004; Çetinkaya ve Şahin 2005; Hajek ve ark. 2006; Can ve ark., 2019). MS222, 2-fenoksi etanol, benzokain ve kinaldin günümüze kadar gelen süreçte en yaygın olarak kullanılan anestetikleri oluşturmaktadır. Son yıllarda karanfil esansiyel yağı gibi (ve eugenol gibi etken maddelerinin) bitkisel kökenli değişik yağların sentetik anestetiklere nazaran iyi bir seçenek olacağı öngörülmektedir (Aydın ve Barbas, 2020.) Bu esansiyel yağların gün geçtikçe kullanımları artarken diğer taraftan da potansiyel bitkisel anestetik madde arayışları sürmektedir (Kizak ve ark., 2018; Can ve ark., 2019; Hoseini et al., 2019; Rodrigues BrandNo ve ark., 2022).

Karanfil (*Syzygium aromaticum*, *Syzygium aromaticum*, *Eugenia caryophyllata*) Mersingiller familyasındandır. Karanfil esansiyel yağı (KEY) dünya çapında gıda katkısı, antifungal ve farklı alanlarda anestetik olarak kullanılmaktadır (Wagner ve ark., 2003; Güner, 2008; Koçak ve Can, 2019). KEY'in balık anesteziği olarak kullanımı ticari ölçekte yeni olmakla birlikte, potansiyel balık anesteziği olarak kullanımının önemine ve gerekliliğine son yıllarda sürdürülebilir akuakültür çalışmalarına artan ilgi ve gereksinim paralelinde balık refahının öncelikli konular

arasına girmesi ile birlikte önemli ölçüde yönelme ve yönlendirme olmuştur (Keene ve ark., 1998; Wagner ve ark., 2003; Cho ve Heath, 2000; Kizak ve ark., 2013).

Okalıptüs (*Eucalyptus sp.*) Mersingillerin bir alt grubudur. Yaklaşık 600'e yakın türü bilinmektedir. Okalıptüs esansiyel yağının (OEY) büyük kısmı Brezilya İspanya, Fas ve Portekiz gibi ülkeler tarafından sağlanırken, ülkemizde Akdeniz ve Ege bölgesinin kıyı kesimlerinde yetiştirilebilmektedir. Okalıptüs uçucu yağının (Çalışmada kullanılan materyalin etken maddesi -ana bileşeni- 1.8 sineol olarak bildirilmiştir) Avrupa levreğinde (*Dicentrarchus labrax*) 200- 300 µl L<sup>-1</sup>; sarı ağız balıklarında (*Argyrosomus regius*) 150-300 µl L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarda anestetik etki gösterdiği bildirilmiştir (Bodur ve ark., 2018).

Melisa bitkisi nane familyasına ait olup, asıllardır tıbbi aromatik bitki olarak yüksek oranda kullanım oranına sahip olmuştur. Antioksidan, antibakteriyel ve antiviral özelliklere sahip şifalı bir bitki olarak değerlendirilmekte olup ilk çağlardan beri arıları hastalıklardan koruyup oğul çıkarmalarını sağlamak amacı ile arı kovanlarının arka kısımlarına konumlandırıldığından oğul otu olarak da bilinmektedir (URL-1).

Yapılan son çalışmalar ile; balık anesteziğinde karanfil yağında olduğu gibi okalıptüs ve melisa esansiyel yağının (MEY) da sedasyon ve anestezi için etkin bir şekilde kullanılabilceği bildirilmiştir. Bununla birlikte, okalıptüs ve melisa esansiyel yağları ile ilgili çok az sayıda çalışmanın olduğu bu nedenle daha fazla çalışma yapılarak özellikle türe ve balık büyüklüğüne özgü minimum etkin konsantrasyonların belirlenmesine gereksinim bulunmaktadır. Bu çalışmada özellikle melisa ve okalıptüs esansiyel yağ için juvenil alabalıklarda en etkili konsantrasyonların tespit edilmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Balık, Karanfil Yağı, Okaliptüs Yağı, Melisa Yağı ve Etanol Temini

Çalışmada kullanılacak gökkuşağı alabalığı juvenili (270 adet ortalama ağırlık  $1,6 \pm 0,08$  g) üretim ve yetiştiricilik yapan özel bir şirketten; KEY (ana bileşeni (etken madde) eugenol olup % 80,84), OEY (ana bileşenleri, Citronellal % 73,2; Citronellol % 7,41 ve Isopulegol % 6,56), MEY (ana bileşenleri; Geranial % 30,81, Neral % 20,26, Caryophyllene % 13,62, Nerol % 4,15, Acetade de Geranyle % 2,85, Germacrened % 1,57) adlı anestetik ürünler (Nu-ka Defne Essencia) ve etanol (95%, Sigma) denemelerde kullanılmak üzere dağıtıcı özel firmadan temin edilmiştir. Esansiyel yağların içerikleri kütle spektrometrisi ile birleştirilen gaz kromatografisiyle gerçekleştirilmiş olup veriler ürün temin edilen firmadan alınmıştır (Analiz metodu: GC-MS, Analizi yapan firma: Sarl Pyrenessences Analysis, Belcaire, Fransa, Verinin temin edildiği firma: Nu-ka Defne Essencia).

### Denemelerin Kurulması ve Yönetimi

Denemede kullanılan gökkuşağı alabalığı juvenilleri doyuncaya kadar besleme yöntemi ile yemlenmiş çalışmalar öncesi 1 gün aç bırakılmıştır. Aydınlatma olarak gün ışığından faydalanılmıştır. Denemenin gerçekleştirildiği suyun parametreleri; Oksijen:  $10,4 \pm 0,11 \text{ mg L}^{-1}$ , sıcaklık:  $12,6 \pm 0,13 \text{ }^{\circ}\text{C}$  olarak gerçekleşmiştir. Çalışma süresince strese neden olabilecek bir faktör oluşmamıştır.

Çalışmada KEY (25, 37,5 ve  $50 \mu\text{l L}^{-1}$ ), okaliptüs yağı ( $300, 350$  ve  $400 \mu\text{l L}^{-1}$ ), melisa yağı ( $200, 300$  ve  $400 \mu\text{l L}^{-1}$ ) üçer farklı konsantrasyonda kullanılmıştır. Bu konsantrasyon miktarları literatürden faydalanılarak yapılan ön çalışmalarla

belirlenmiştir. Uygulama esnasında yağların suda çözünürlüğünün artırılması için etanol ile 1/10 oranında karıştırılmıştır. Bu karışım daha sonra 1/10 oranında uygulama suyu ile karıştırılıp ve son olarak sıcaklık vb. şartları deney ortamı için uygun hale getirilmiş uygulama suyuna aktarılmıştır. Her esansiyel yağ için üç ayrı konsantrasyon uygulaması yapılmıştır. Her konsantrasyon için de üç ayrı deneme yapıp not edilerek ve bu üç denemenin ortalaması alınarak elde edilen rakam sonuç kabul edilmiştir. Her denemede 10 adet juvenil kullanılmış ve her esansiyel yağ konsantrasyonunda 30 adet alabalık juvenili kullanılmıştır. Böylece toplamda 270 adet juvenil üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılacak her denemede 10 juvenilin hepsi aynı anda anestezi uygulaması için beherdeki anestetik bitkisel yağın bulunduğu suyun içerisine kepçe yardımıyla aktarılmıştır. Bu juvenillerin %80'inde anestezinin gerçekleştiği gözlemlendiği an kayıt altına alınmıştır. Aynı zamanda bu juveniller temiz suyun bulunduğu beher içerisine yine kepçe yardımıyla alınıp juvenillerin %80'inde ayılma tespit edildiği an kayıt altına alınmıştır. Uygulama esnasında beherdeki uygulama suyu hava motoru yardımıyla hafif havalandırılmıştır (Kizak et al., 2018; Bodur ve ark. 2018).

Anestetik maddeler, deneme suyuna ilave edildikten sonra balıkların indüksiyon (A3, Kısmi Denge Kaybı ve A5, Reflekslerin Kaybolması) ve iyileşme (R1, Dengenin Kısmi Olarak Kazanımı ve R3, Yüzme) safhalarının tespiti balık davranışları dikkate alınarak izlenip kronometre ile her safha saniye olarak kaydedilmiştir. Anestezi safhaları irdelenirken Tablo 1.'de belirtilen kriterler uygulanmıştır;

**Tablo 1.** Anestezi safhaları (Keene ve ark. 1998'e göre düzenlenmiştir)

Anestezi Safhası	Kod	Balığın Davranışı
Kısmi Denge Kaybı	A3	Kuvvetli dış uyarılara karşı tepkisizdir, düzensiz yüzme görülür, solungaç hareketleri hızlanmıştır.
Reflekslerin Kaybolması	A5	Refleksleri kaybolur, solungaç kapakları yavaş ve düzensizdir.
Dengenin Kısmi Olarak Kazanımı	R1	Solungaç hareketleri artar, kısmi denge ve yüzme kabiliyeti görülür.
Yüzme	R3	Balık normal yüzmeye başlar.

### İstatistiksel Analizler

Testten önce, verilerin normalliği ve homojenliği, ANOVA varsayımlarına uyacak şekilde kontrol edilmiştir. Bitkisel yağların konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıkların

varlığı tek yönlü ANOVA'yı izleyen Duncan testi ile analiz edilmiştir. Verilerin analiz SPSS 20.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR

### Karanfil Esansiyel Yağı

**Tablo 2.** Farklı karanfil esansiyel yağı konsantrasyonları için tespit edilen anestezi süreleri

Konsantrasyon ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	A3 (saniye)	A5 (saniye)	R1 (saniye)	R5 (saniye)
25	203,3±20,82 <sup>c</sup>	305 ±22,91 <sup>b</sup>	43,3±5,78 <sup>b</sup>	90,0±10,00 <sup>b</sup>
37,5	121,6 ±20,21 <sup>b</sup>	185,6±20,65 <sup>a</sup>	55,0±5,00 <sup>a</sup>	93,3±15,28 <sup>b</sup>
50	68,3±7,64 <sup>a</sup>	145,0±27,84 <sup>a</sup>	53,3±5,77 <sup>a</sup>	68,3±7,64 <sup>a</sup>

*Değişik konsantrasyonlar için (Tabloda kolonlar) bulunan farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.*

Çalışmada A3 safhası 68,3 ile 203,3 sn aralığında belirlenmiş olup konsantrasyon arttıkça A3 aşamasının kısaldığı gözlenmiştir. Tam bayılma (A5) safhası 37,5  $\mu\text{L}^{-1}$  ile 50  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonlar için farklılık göstermemiş olup 25  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonda en uzun bayılma süresi tespit edilmiştir.

R1 safhası 43,3 ile 53,3sn arasında gerçekleşmiş olup tam ayılma (R5) en kısa süre 68,3 sn olarak bulunmuştur. 25  $\mu\text{L}^{-1}$  ile 37.5  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonlar için ayılma süreleri önemli farklılık göstermemiştir. Tablo 2'de farklı konsantrasyonlarla KEY ile yapılan çalışmanın induksiyon ve iyileşme değerleri görülmektedir.

### Okaliptüs Esansiyel Yağı

**Tablo 3.** Farklı okaliptüs esansiyel yağı konsantrasyonları için tespit edilen anestezi süreleri

Konsantrasyon ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	A3	A5	R1	R5
300	133,3±12,58 <sup>c</sup>	366,6 ±11,55 <sup>c</sup>	186,6 ±11,55 <sup>c</sup>	255,±15,00 <sup>b</sup>
350	78,3±5,68 <sup>b</sup>	226,6±32,14 <sup>b</sup>	143,3±23,09 <sup>b</sup>	216,6±20,82 <sup>ab</sup>
400	55,0±5,00 <sup>a</sup>	110,0±10,00 <sup>a</sup>	73,3±5,78 <sup>a</sup>	186,6±11,55 <sup>a</sup>

*Değişik konsantrasyonlar için (Tabloda kolonlar) bulunan farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.*

Çalışmada A3 safhası 55 sn ile 133,3 sn aralığında belirlenmiş olup konsantrasyon arttıkça A3 seviyesinin kısaldığı gözlenmiştir. Tam bayılma (A5) safhası da 110 sn ile 366,6 sn aralığında belirlenmiş olup konsantrasyon arttıkça A5 seviyesinin kısaldığı gözlenmiştir.

R1 safhası 73,3 sn ile 186,6 sn arasında gerçekleşmiştir. Tam ayılma (R5) safhası 186,6

sn ile 255 sn arasında gerçekleşmiş olup en kısa tam bayılma 186,6 sn olarak bulunmuştur. Tablo 3 de farklı OEY konsantrasyonları ile yapılan çalışmanın induksiyon ve iyileşme değerleri görülmektedir.

## Melisa Esansiyel Yağı

**Tablo 4.** Farklı melisa esansiyel yağı konsantrasyonları için tespit edilen anestezi süreleri

Konsantrasyon ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	A3	A5	R1	R5
200	270,0 $\pm$ 30,00 <sup>b</sup>	506,6 $\pm$ 86,21 <sup>b</sup>	236,6 $\pm$ 15,28 <sup>b</sup>	371,6 $\pm$ 10,40 <sup>b</sup>
300	203,3 $\pm$ 68,06 <sup>b</sup>	221,6 $\pm$ 10,41 <sup>a</sup>	206,6 $\pm$ 20,82 <sup>b</sup>	315,0 $\pm$ 15,00 <sup>b</sup>
400	110,0 $\pm$ 10,00 <sup>a</sup>	198,3 $\pm$ 71,12 <sup>a</sup>	130,0 $\pm$ 10,00 <sup>a</sup>	251,6 $\pm$ 10,41 <sup>a</sup>

*Değişik konsantrasyonlar için (Tabloda kolonlar) bulunan farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.*

Çalışmada A3 safhası 110 sn ile 270 sn aralığında belirlenmiş olup konsantrasyon arttıkça A3 seviyesinin kısaldığı gözlenmiştir. Tam bayılma (A5) safhası 300  $\mu\text{L}^{-1}$  ile 400  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonlar için önemli farklılık göstermemiş olup en uzun bayılma 200  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonda en kısa bayılma 400  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonda tespit edilmiştir.

R1 safhası 130 sn ile 236,6 sn aralığında gerçekleşmiş olup tam ayılma (R5) en kısa süre 251,6 sn olarak bulunmuştur. Farklı MEY konsantrasyonları ile yapılan çalışmanın indüksiyon ve iyileşme değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Balıklarda yapılan anestezi uygulamalarında ideal bayılma süresinin yaklaşık olarak 3 dk'dan (180 sn) daha az sürmesi, aynı zamanda 5 dk (300 sn) içerisinde de iyileşmenin görülmesi beklenmektedir (Marking ve Meyer, 1985). Metin ve ark. (2015) tarafından yapılan bir anestezi çalışmasında bazı tıbbi aromatik bitkilerin *Oncorhynchus mykiss* üzerindeki anesteziye giriş ile anestezi sonrası uyanma süreleri çalışılmış, anesteziye giriş sürelerinin karanfil uçucu yağında 0,5 ile 3 dakika arasında değiştiği saptanmıştır. Anesteziden çıkış süreleri ise karanfil esansiyel yağında 3 ile 30 dakika olarak tespit edilmiştir.

Anestetik madde olarak KEY son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır ve özellikle düşük sıcaklıklarda MS-222 ve benzokoin nazarın daha etkili olduğu (Stehly ve Gingerich, 1999) tespit edilmiştir. Balık etinden uzaklaşma sürecinin de kısa sürdüğü belirtilmiştir (Stehly ve Gingerich, 1999; Velisek ve ark., 2005). Sazan (*C. carpio*) üzerinde yapılan bir anestezi uygulamasında, 40  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonda KEY kullanarak etkili ve

güvenli bir biçimde indüksiyon elde ettikleri; indüksiyon sürecinin 3 dakikadan daha az bir sürede gerçekleştiğini; ayılmanın ise konsantrasyona bağlı olmadan 4 dakikada şekillendiği belirtilmiştir (Hajek ve ark., 2006). KEY diğer anestetiklere oranla (Melisa ve okaliptus) indüksiyon süresi kısa iyileşme süresi ise uzun bulunmuştur. Keene ve ark., (1998)' e göre bunun en büyük sebebi, solunum hızının düşüşü sonucu vücuttan atılmasının uzun sürmesi ve yüksek lipit çözünürlüğü olarak belirtilmiştir (Kanyılmaz ve ark., 2007).

Yapılan bu çalışmada anestezi uygulamalarında KEY denemelerinde indüksiyon süresi genellikle karanfil yağının artan konsantrasyonları ile önemli ölçüde azalmıştır. İyileşme süresi ise artan KEY konsantrasyonu ile farklılıklar göstermiştir. İndüksiyonun ilk safhası (A3) ile ikinci safhası (A5) 25  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonlarında ve indüksiyonun ikinci safhası (A5) 37,5  $\mu\text{L}^{-1}$  konsantrasyonunda istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 3 dakika içinde bayılma şartını (Marking ve Meyer, 1985) sağlayan konsantrasyonun 50  $\mu\text{L}^{-1}$  olduğu tespit edilmiş olmasına rağmen maliyet etkinliği açısından 37,5  $\mu\text{L}^{-1}$  üzeri konsantrasyonlarda anestezi çalışmaları yürütülebilir (Tablo 5).

Yapılan bazı anestezi uygulamaları ile karşılaştırıldığında; karanfil esansiyel yağının (30-33  $\mu\text{L}^{-1}$ ) gökkuşağı alabalığında (Anderson ve ark. 1997; Svoboda ve Kolarova 1999) ve levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) (25  $\mu\text{L}^{-1}$ ) (Mylonas ve ark. 2005) belirlenen konsantrasyonları bizim çalışmamızdan daha düşük bulunmuştur. Bu fark kullanılan esansiyel yağının içerik özellikleri ve balık türünün aynı olmaması ile ilişkili olabileceği gibi sıcaklık ve tuzluluk gibi su parametrelerinden de kaynaklanabilmektedir (Can ve ark., 2018; 2019). Bununla birlikte karaca mersin



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1062760

balıklarında (*Acipenser gueldenstaedtii*) 0.22-0.90 gr L<sup>-1</sup> (Akbulut ve ark. 2011) konsantrasyonlarla yapılan çalışmada 0.22 gr L<sup>-1</sup> konsantrasyonunda etkili olduğu bildirilmiş olup bizim çalışmamızdaki bulgular ile nispeten benzerlik göstermiştir.

OEY denemelerinde; indüksiyon süresi genellikle okaliptüs yağının artan konsantrasyonları ile önemli ölçüde azalmıştır. İyileşme süresi ise artan okaliptüs yağı konsantrasyonu ile ters orantılı olarak önemli derecede azalmıştır. İndüksiyonun ikinci safhası (A5) 300 µl L<sup>-1</sup> ile 350 µl L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En ideal konsantrasyonun 400 µl L<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir. Önceki çalışmalar ile bizim çalışmamızın detaylı karşılaştırılması Tablo 6'da verilmiştir.

MEY denemelerinde de indüksiyon süresi melisa yağının artan konsantrasyon miktarı ile önemli ölçüde azalmıştır. İyileşme süresi ise artan melisa yağı konsantrasyonu ile ters orantılı olarak önemli derecede azalmıştır. İndüksiyonun

ikinci safhası (A5) bütün konsantrasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İndüksiyonun ilk safhası (A3) ile iyileşmenin ikinci safhası (R5) 200 µl L<sup>-1</sup> ile 300 µl L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En ideal konsantrasyon 400 µl L<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Tablo 7).

Bu çalışmada KEY, OEY ve MEY balıklara uygulandıktan sonra, ayılma işlemi sonucunda anestetik maddenin herhangi bir yan etki göstermediği ve anestezi uygulama sonrasında balıkların önceki durumlarına döndükleri gözlemlenmiştir. Balık anestezisi ile ilgili çalışmalarda anestezi safhalarının birbirinden kesin olarak ayrımı güç olmaktadır. Bu durum ise, çeşitli araştırmacıların değerlendirmeleri arasında karışıklıklara yol açmaktadır. Çalışmada anestezi safhaları irdelenirken, Keene ve ark., 1998'e göre (Tablo 1) verilen kriterlere göre incelenmiştir. Anestetik konsantrasyonlarının etkinliği balık türlerine göre farklılık gösterebilmektedir.

**Tablo 5.** Karanfil esansiyel yağının akuakültürde kullanılan türlere göre kullanım konsantrasyonları ve bu çalışma ile karşılaştırılması

Balık türü	Balık ağırlığı(gr)	Konsantrasyon aralığı (µl L <sup>-1</sup> )	Minimum etkili konsantrasyon	Ana bileşenleri	Kaynak
Clown anemonefish ( <i>Amphiprion ocellaris</i> )	0,48±0.21	5-35	27	Öjenol (85,0%), beta caryophyllene (13,0%)	Pedrazzani ve Neto (2016)
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	41,9 ± 2,6	30 -55	30	Öjenol 85%, d = 1,0568 g l L <sup>-1</sup>	Mylonas ve ark. (2005)
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	32,5 ± 1,2	30-55	30	Öjenol 85%, d = 1,0568 g L <sup>-1</sup>	Mylonas ve ark. (2005)
Gökkuşluğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	20,46± 0,73	40-60	40	-	Keene ve ark. (1998)
Kara levrek ( <i>Centropristis triata</i> )	760± 81,7	10-20	15	-	King ve ark. (2005)
Kahverengi alabalık ( <i>Salmo trutta fario</i> )	1858 ± 99	20-40	30	Öjenol >85%, d=1.04 g L <sup>-1</sup> 25 °C (lit.)	Kizak ve ark. (2013)

Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	1,6 ± 0,08	25-50	50	Öjenol % 80,84	<i>Bu çalışma</i>
---	------------	-------	----	----------------	-------------------

**Tablo 6.** Okaliptüs esansiyel yağının akuakültürde kullanılan türlere göre kullanım konsantrasyonları ve bu çalışma ile karşılaştırılması

Balık türü	Balık ağırlığı(gr)	Konsantrasyon aralığı (µl L <sup>-1</sup> )	Minimum etkili konsantrasyon (MEK, µl L <sup>-1</sup> )	Ana bileşenleri	Kaynak
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	90,91± 2,46	200-300	300	1,8-Cineole % 80,84, γ-Terpinene % 3,65	Bodur ve ark. (2018)
Sarı ağız ( <i>Argyrosomus regius</i> )	127,43± 3,07	150-300	300	1,8-Cineole % 80,84, % 3,65 γ-Terpinene	Bodur ve ark. (2018)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	1,6 ± 0,08	300-400	400	Citronellal %73,2 Citronellol %7,41 ve Isopulegol % 6,56	<i>Bu çalışma</i>

**Tablo 7.** Melisa esansiyel yağının akuakültürde kullanılan türlere göre kullanım konsantrasyonları

Balık türü	Balık ağırlığı (gr)	Konsantrasyon aralığı (µl L <sup>-1</sup> )	Minimum etkili konsantrasyon (MEK, µl L <sup>-1</sup> )	Ana bileşenleri	Kaynak
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	250,24 ± 4,88	25	25	-	Gülhan (2018)
Sazan ( <i>Cyprinus carpio</i> )	6,04 ± 1,13	550- 650	650	-	Resen ve ark. (2020)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	1,6 ± 0,08	200-400	400	Geranial % 30,81, Neral % 20,26, Caryophyllene % 13,62, Nerol % 4,15	<i>Bu çalışma</i>

## ÖNERİLER

Sonuç olarak gökkuşığı alabalığında karanfil yağı, okaliptüs yağı ve melisa ile yapılan bu çalışmada anestetik madde olarak kullanımlarının herhangi bir yan etkiye sebep olmadan güvenli, etkili olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Kültür balıkçılığı sektöründe; canlı balık nakli, boylama, sayma, aşılama vb. operasyonların yanında her türlü bilimsel araştırma için balıkların morfolojik karakterlerin belirlenmesi vb. hareketlerinin zayıflatılması veya tamamen durdurulması gereken durumlarda tüm uygulamalarda kullanımı önerilebilir. Bunun yanında, farklı balık türlerinde kullanılabilecek en uygun

konsantrasyon miktarları yeni yapılacak çalışmalarla saptanabilir. Bulunabilirlik ve fiyat anestetiklerin kullanımını belirleyen en kritik etmenlerdendir. Bu nedenle kullanıcılar hangi maddeyi daha uygun maliyet ile temin edebilirler ise onu kullanabilirler. Bu nedenle son yıllarda kullanılabilirliği belirlenmiş olan (bu çalışmada kullanılanlar dahil) tüm bitkisel ve sentetik anestetiklerin daha detaylı araştırmalar yapılarak güvenilirliklerinin belirlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Gelecekteki anestezi çalışmalarında, histolojik testler, kan parametreleri, genotoksik etki-DNA hasarı gibi analizlere odaklanmalı ve anestezi uygulamalarında en uygun anestetik maddelerin belirlenmesine odaklanmalıdır.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1062760

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar çalışma ile ilgili çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Akbulut, B. Çavdar, Y. Çakmak, E. Aksungur and N. (2011). Use of clove oil to anaesthetize larvae of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). Journal of Applied Ichthyology, 27(2), 618-621.
- Anderson, W.G. McKinley, R.S. and Colavecchia, M. (1997). The use of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. North American Journal of Fish Management, 17(2), 301-307.
- Aydın, B. and Barbas, L. A. L. (2020). Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. Aquaculture, 520, 734999.
- Bodur, T. Afonso, J. M. Montero, D. and Navarro, A. (2018). Assessment of effective dose of new herbal anesthetics in two marine aquaculture species: *Dicentrarchus labrax* and *Argyrosomus regius*. Aquaculture, 482.
- Can, E. Kızak, V. Seyhaneyıldız Can, Ş. and Özçiçek, E. (2018). Anesthetic potential of geranium (*Pelargonium graveolens*) oil for two cichlid species: *Sciaenochromis fryeri* and *Labidochromis caeruleus*. Aquaculture 491, 59-64.
- Can, E. Kızak V. Can, Ş.S. and Özçiçek, E. (2019). Anesthetic Efficiency of Three Medicinal Plant Oils for Aquatic Species: Coriander *Coriandrum sativum*. Linaloe Tree *Bursera delpechiana*. and Lavender *Lavandula hybrida*. Journal of Aquatic Animal Health., 31, 266- 273.
- Cho, G.K. and Heath, D.D. (2000). Comparison of Tricain Methanesulphate (MS-222) and Clove Oil Anaesthesia Effects on the Physiology of Juvenile Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) (Walbaum). Aquaculture Research, 31, 537-546.
- Coyle, S. D., Durborow, R. M. and Tidwell, J. H. (2004). *Anesthetics in aquaculture* (Vol. 3900). Texas: Southern Regional Aquaculture Center.
- Çetinkaya, O. and Şahin, A. (2005). Balıklarda anestezi uygulamaları ve başlıca anestetikler. Editör: Karataş M. editör. Balık biyolojisinde araştırma yöntemleri. Ankara. Nobel Yayınları. 237-273 s.
- FDA, (2002). *Guidance for Industry*. Status of Clove oil and Eugenol for Anaesthesia of Fish. FDA Center for Veterinary Medicine, June. 11.
- Gülhan, M. F. (2018). Bazı sedatif ve anestetik aromatik bitki yağlarının gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*. L.) kan parametreleri üzerine etkileri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20 (1), 471-482.
- Güner, Y. (2008). Balıkları Bayıltmada Organik Bir Ürün: Karanfil. Ekoloji Dergisi, 19. sayı.
- Hajek, G.J. Klyszejko and, B. Dziaman, R. (2006). The anaesthetic effect of clove oil on common carp. *Cyprinus carpio*. Acta Ihtiologica Piscatori, 36(2), 93-97.
- Hoseini, S. M., Taheri Mirghaed, A. and Yousefi, M. (2019). Application of herbal anaesthetics in aquaculture. Reviews in Aquaculture, 11(3), 550-564.
- Kanyılmaz, M. Sevgili, H. Erçen Z. and Yılayaz, A. (2007). Karanfil Yağının Balık Anestetiği Olarak Kullanımı. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 5-8, 671-680.
- Keene, J. L. Noakes, D.L.G. Moccia, R.D. and Soto, C.G. (1998). The Efficacy of Clove Oil as an Anaesthetic for Rainbow Trout. (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*). Aquaculture Research, 29, 89-101.
- King, W., Hooper V.B., Hillsgrove, S., Benton, C. and Berlinsky, D.I. (2005). The use of clove oil, metomidate, tricainemethane sulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata*). Aquaculture Research. 36, 1442-1449.
- Kızak, V. Guner, Y. Kayim, M. and Can, E. (2013). The effects of clove oil on adult males and females of rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trouts (*Salmo trutta fario*). International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 11, 1542-1545.
- Kızak, V. Can, E. Danabaş, D. and Can, Ş. S. (2018). Evaluation of anesthetic potential of rosewood (*Aniba rosaeodora*) oil as a new anesthetic agent for goldfish (*Carassius auratus*). Aquaculture, 493, 296-301.
- Küçük, S., Öztürk, S. and Çoban, D. (2016). Su ürünlerinde kullanılan anestetikler. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2), 79-85.
- Koçak, V. and Can, E. (2019). 2-Fenoksietanol ve Karanfil Esansiyel Yağının Sarı Prens (*Labidochromis caeruleus*) ve Ahli (*Sciaenochromis fryeri*) Balıkları Üzerine Anestetik Etkileri. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 12(2), 13-21.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1062760

- Marking, L.L. and Meyer, F.P. (1985). Are better anaesthetic needed in fisheries. Fisheries. 10:25.
- Metin, S. Didinen, B.I. Kubilay, A. Pala, M. and Aker, I. (2015). Bazı tıbbi bitkilerin gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*, 1972) üzerinde anestezi etkilerinin belirlenmesi. Journal of Limnology and Fresh water Fisheries Research, 1(1), 37-42.
- Mylonas, CC. Cardinaletti, G. Sigelaki, I. and Polzonetti-Magni, A. (2005). Comparative efficacy of clove oil and 2- phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gillhead sea bream (*Sparus auratus*) at different temperature. Aquaculture. 246, 467-481. Journal of Aquaculture, 2005.02.046.
- Pedrazzani, A.S. and Neto, A.O. (2016). The anaesthetic effect of camphor (*Cinnamomumcamphora*), clove (*Syzygium aromaticum*) and mint (*Mentha arvensis*) essential oils on clown anemonefish. *Amphiprion ocellaris* (Cuvier 1830). Aquaculture Research. 47, 769–776.
- Resen, A. K. and Al-Niaem. K. S. and Al-Hasson, A.H. (2020). Assessment of lemon balm (*Melissa officinalis*) on common carp. *Cyprinus carpio*: Anesthesia. Life Science Archives, 6(1), 1749-1754.
- Steffens, W. (1981). *Moderne Fish wirtschaft*. Verlag J. Neumann-Neudamm. 375 s. Melsungen Berlin. Basel Wien.
- Stehly, GR. and Gingerich, WH. (1999). Evaluation of AQUI-STM (efficacy and minimum toxic concentration) as a fish anaesthetic/sedative for public aquaculture in the United States. *Aquaculture Research*, 30 (5), 365-372.
- Svoboda, M. and Kolarova, J. (1999). A survey of anaesthetics used in the fish farming (in Czech). In Health protection of fish-proceeding of papers. Czech Republic. Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology Vodnany. 49-72.
- URL-1. 2022. <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberi/melisa-cayinin-faydolari-nelerdir>, 13.05.2022
- Velisek, J. Svobodova and Z. Piackova, V. (2005). Effects of Clove Oil Anaesthesia on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Veterinaria Brno*. 2005, 74, 139-146.
- Wagner, G.N. Singer, T.D. and McKinley, S.R. (2003). The Ability of Clove Oil and MS-222 to Minimize Handling Stress in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*). *Aquaculture Research*, 34, 1139-1146.
- Yamaner, G., Tosun, D.D., Tinki, M. and, Tunc, G. (2022). Effect of duo-culture on the first feeding transition success and growth performance for black sea trout (*Salmo trutta labrax, pallas, 1811*) with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss, walbaum, 1792*). *Sustainable Aquatic Research*, 1(1), 44-50.
- Yanar, M. and Genç, E. 2004. Anaesthetic effects of quinaldinesulphate together with the use of diazepam on *Oreochromis niloticus* L. 1758 (*Cichlidae*) at different temperatures. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(6), 1001-1005.




## Gölova Baraj Gölü (Sivas)'ndeki Siraz Balığı (*Capoeta sieboldii* Steindachner, 1864)'nın Yaş ve Bazı Büyüme Özellikleri

Mücahit Yüngül<sup>1\*</sup>, Önder Aksu<sup>2</sup>, Başar Altınterim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye

<sup>3</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Doğanşehir Vahap Küçük MYO, Malatya, Türkiye

\*mucahityungul@hotmail.com , onderaksu@munzur.edu.tr , basar.altinterim@ozal.edu.tr 

Makale gönderme tarihi: 06.03.2022, Makale kabul tarihi: 13.04.2022

### Öz

Bu çalışmada, Temmuz 2020- Haziran 2021 tarihleri arasında Gölova Baraj Gölü'nden avlanan 200 adet (105 dişi, 95 erkek) siraz balığı (*Capoeta sieboldii* Steindachner, 1864)'nın yaş ve eşey kompozisyonu, boy ve ağırlık dağılımları, yaş-boy, yaş-ağırlık, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri ile kondisyon faktörü incelenmiştir. Örneklerin %52,5'i dişi, %47,5'i erkek bireylerden oluşmaktadır. Dişi ve erkek bireylerin I-VIII yaş grupları arasında dağılım gösterdiği ve erkek/dişi oranının 1:0,91 olduğu belirlenmiştir. Örneklerin total boy ve ağırlık değerlerinin dişilerde 22,04-51,7 cm ve 96,0-1697,3 g; erkeklerde 21,9-49,9 cm ve 94,7-1387,3; tüm bireylerde 21,9-51,7 cm ve 94,7-1697,3 g arasında olduğu tespit edilmiştir. Aynı yaş grubundaki dişi ve erkek bireylerin istatistiksel olarak total boy ortalamaları arasındaki farklılığın VI ve VII. yaşlarda; ağırlık ortalamaları arasındaki farklılığın ise III, VI, VII ve VIII. yaşlarda önemli olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Örneklerin von Bertalanffy eşitliğine göre boyca ve ağırlıkça büyüme denklemleri dişilerde  $L_t=75,42[1-e^{-0,10(t+2,93)}]$  ve  $W_t=5705,89[1-e^{-0,10(t+2,93)}]^{3,3689}$ ; erkeklerde  $L_t=82,05[1-e^{-0,08(t+3,35)}]$  ve  $W_t=8059,06[1-e^{-0,08(t+3,35)}]^{3,4003}$ ; tüm bireylerde  $L_t=81,74[1-e^{-0,08(t+3,24)}]$  ve  $W_t=7758,71[1-e^{-0,08(t+3,24)}]^{3,3771}$  olarak hesaplanmıştır. Büyüme performans indeks ( $\emptyset$ ) değerleri de dişilerde 2,757, erkeklerde 2,727 ve tüm bireylerde 2,746 olarak belirlendi. Boy-ağırlık ilişkisi dişilerde  $W=0,0027TL^{3,3689}$  ( $R^2=0,9928$ ), erkeklerde  $W=0,0025TL^{3,4003}$  ( $R^2=0,9901$ ) ve tüm bireylerde  $W=0,0027TL^{3,3771}$  ( $R^2=0,9916$ ) olarak tespit edilmiştir. Ortalama kondisyon faktörü değerlerinin tüm bireylerde 0,887-1,201 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Eşey farkına bağlı olarak farklı boy tipleri arasında da kuvvetli bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Capoeta sieboldii*, yaş ve eşey kompozisyonu, büyüme, kondisyon faktörü, Gölova Baraj Gölü

## Age and Some Growth Characteristics of Colchic Khrumulya (*Capoeta sieboldii* Steindachner, 1864) In Gölova Dam Lake (Sivas-Turkey)

### Abstract

In this study, age and sex composition, length and weight distributions, age-length, age-weight, length-weight and length-length relationships, condition factor of 200 (105 female, 95 male) colchic khrumulya (*Capoeta sieboldii* Steindachner, 1864) caught from Gölova Dam Lake between July 2020 and June 2021 were examined. 52.5% of the samples were female and 47.5% were male individuals. It was determined that female and male individuals were distributed between I-VIII age groups and male/female ratio was 1:0.91. The total length and weight values of the samples were 22.04-51.7 cm and 96.0-1697.3 g in females; 21.9-49.9 cm and 94.7-1387.3 g in males; It was determined that it was between 21.9-51.7 cm and 94.7-1697.3 g in all samples. Statistically the difference between total length averages of male and female individuals in the same age group was at the ages VI., and VII.; the difference between weight averages was at the found significant ( $p<0.05$ ) in ages III., VI., VII., and VIII. According to the relation von Bertalanffy the length and weight growth equations of the samples were calculated as  $L_t=75.42[1-e^{-0.10(t+2.93)}]$  and  $W_t=5705.89[1-e^{-0.10(t+2.93)}]^{3.3689}$  in females;  $L_t=82.05[1-e^{-0.08(t+3.35)}]$  and  $W_t=8059.06[1-e^{-0.08(t+3.35)}]^{3.4003}$  in males;  $L_t=81.74[1-e^{-0.08(t+3.24)}]$  and  $W_t=7758.71[1-e^{-0.08(t+3.24)}]^{3.3771}$  in all individuals. The growth performance index ( $\emptyset$ ) values were also determined as 2.757 in females, 2.727 in males and 2.746 in all individuals. The length-weight relationship were detected  $W=0.0027TL^{3.3689}$  ( $R^2=0.9928$ ) in females,  $W=0.0025TL^{3.4003}$  ( $R^2=0.9901$ ) in males and  $W=0.0027TL^{3.3771}$  ( $R^2=0.9916$ ) in all individuals. It was determined that the mean condition factor values ranged from 0.887-1.201 in all individuals. It has been observed that there is also a strong relationship between different lengths types depending on the sex difference.

**Keywords:** Age and sex composition, *Capoeta sieboldii*, growth, condition factor, Gölova Dam Lake

## GİRİŞ

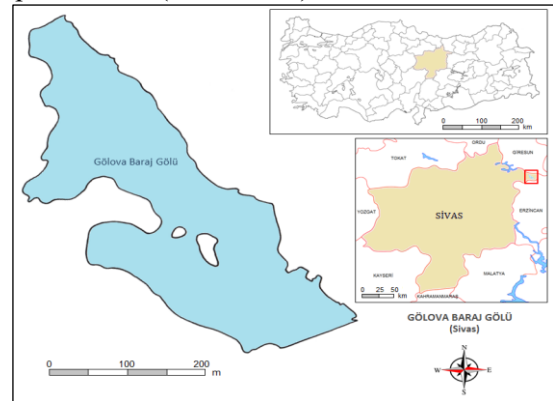
Balıklarda büyüme; besin tüketimi ve buna bağlı olarak belli bir zaman aralığında vücutta meydana gelen boy ve ağırlık artışı olarak ifade edilmektedir. Balıkların büyümesi türlere göre kalıtsal farklılıklar göstermekle beraber, aynı türün değişik ortamlarda dağılım gösteren farklı popülasyonları arasında da farklılıklar gösterebilir. Lentik (durgun sular) ve lotik (akarsular) ekosistemlerde yaşayan balık popülasyonlarının büyüme özelliklerinin belirlenmesi; balıkçılık biyolojisi uygulamaları, beslenme fizyolojisi ve biyokimyası, yetiştiricilik, balık yemi teknolojisi ve yemleme teknikleri, akuatik toksikoloji vb. konularda sürekli ele alınan bir konu olup, sürdürülebilir balıkçılık ve popülasyonun verimli kullanımı açısından önem arz etmektedir. Balıklarda büyüme, balığın içinde yaşadığı ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Balıklarda büyümeyi etkileyen bu özellikler; balığın kendi iç yapısıyla (balığın genetik yapısı, eşeysel olgunluk, beslenme göçü, üreme göçleri, balıkların büyüme hızları) ve çevresiyle ilgili (su sıcaklığı, ortamda bulunan besinin miktar ve kalitesi, mevsimsel değişimler, hastalıklar, parazitler, su kirliliği) olan özelliklerdir (Avşar, 2005; Çetinkaya vd., 2010).

Cyprinidae familyası içerisinde yer alan siraz balığı (*Capoeta sieboldii* Steindachner, 1864)'nda vücut ovalimsi bir yapıda olup, nispeten iri pullarla örtülüdür. Gözleri oldukça küçük olup, göz çapı standart boyun %1,3 - %2,3'ü kadardır. Ağız ventral konumlu ve at nalı şeklinde olup, köşelerinde bir çift bıyık bulunur. Üst dudağının kenarları iyi gelişerek etli ve saçaklı bir görünüm kazanmıştır. Burun kısa olup, uç kısmı yuvarlaktır. Yanal çizgi vücudun tam ortasında yer alır. Solungaç dikenleri uzun olup, sayıları 25-30 arasında değişir. Baş uzunluğu maksimal vücut yüksekliğine eşittir. Vücudun dorsal kısmı, ventral kısmından daha koyu renklidir. Dorsal, pektoral ve kuyruk yüzgeçleri grimsi, diğer yüzgeçler ise sarımtırak renktedir. Yayılış alanı Sakarya'dan Kafkaslara kadar uzanan bu tür, Karadeniz'e akan nehir sistemlerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Eti lezzetli olduğu için, insan gıdası yönünden bölgesel ekonomik değeri vardır (Geldiay ve Balık, 2009; Köksaldı, 2020).

Ekonomik değeri olan *C. sieboldii*'nin büyüme özellikleri üzerinde farklı araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır (Akgül ve Öztaş, 1989; Ölmez, 1992; Ekmekçi, 1996; Gül vd., 2005; Yıldırım vd., 2008; Yılmaz vd., 2010; Dirican ve Çilek, 2012; Dirican vd., 2012; Gaygusuz vd., 2013; Kahraman vd., 2014; Gündüz vd., 2015; Serdar ve Özcan, 2016; Zencir ve Korkmaz, 2016; Ünsever, 2019; Emiroğlu vd., 2020; Özcan ve Serdar, 2021). Bununla birlikte, Gölova Baraj Gölü'ndeki *C. sieboldii* popülasyonunun balıkçılık biyolojisi uygulamaları üzerine yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışma ile *C. sieboldii*'nin bazı büyüme özelliklerinin yaş ve eşey gruplarına göre istatistiksel olarak karşılaştırılması amaçlanmış ve büyüme özellikleri ile ilgili ileride yapılacak çalışmalara katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Araştırma Temmuz 2020-Haziran 2021 tarihleri arasında yapılmıştır. Balık örnekleri Sivas ili Gölova ilçesindeki Gölova Baraj Gölü'nden temin edilmiştir. Gölova Baraj Gölü (1. İstasyon: 40° 03' 20'' K 38° 35' 37'' D, 2. İstasyon: 40° 03' 04'' K 38° 36' 44'' D, 3. İstasyon: 40° 02' 51'' K 38° 36' 12'' D), Gölova ilçesine de 2 km mesafede bulunan, 748 km<sup>2</sup> lik bir drenaj alanına sahip bir göldür (Şekil 1). Gölova Baraj Gölü, Kelkit Çayı'nın bir kolu olan Çobanlı deresi üzerinde elektrik enerjisi üretme ve sulama amaçlı olarak inşa edilmiştir. Baraj gölünde ayrıca ticari balık avcılığı ve sportif amaçlı olta balıkçılığı da yapılmaktadır (URL, 2017).



Şekil 1. Gölova Baraj Gölü haritası

Gölova Baraj Gölü'nün yüzey alanı 5 km<sup>2</sup>, yüzey hacmi 65 hm<sup>3</sup> ve maksimum su derinliği 13 metredir (URL, 2017).

Arazi çalışmasının yapıldığı yer olan Gölova Baraj Gölü'nde ekonomik öneme sahip olan *C. sieboldii*'nin avcılığında 20 mm, 28 mm, 32 mm, 38 mm, 45 mm ve 50 mm göze genişliğindeki sade uzatma ağları kullanılmıştır (Çelikkale vd., 1993). Çalışmada 105 dişi, 95 erkek birey olmak üzere toplamda 200 adet *C. sieboldii* bireylerinden faydalanılmıştır.

Balıkların total, çatal ve standart boy ölçümleri 1 mm taksimatlı ölçüm tahtası ile yapılmış, vücut ağırlıkları ise ±0,01 g hassasiyetli dijital terazi ile ölçülmüştür (Avşar, 2005; Geldiay ve Balık, 2009).

Örneklerin yaş tayininde kemiksi yapı olarak omurlar kullanılmıştır. Omurlar saf su içerisinde

kaynatılarak, üzerindeki dokular temizlenmiştir. Daha sonra baştan 3.'den 5.'ye kadar olan omurlar alınarak %95'lik alkolden geçirilmiş ve ksilol içerisine bırakılmıştır. Işık mikroskopu altında, ksilol içerisine bırakılan omurların yaş halkaları sayılarak balıkların yaşları tespit edilmiştir (Chugunova, 1963; Tesch, 1968).

Balıkların iç muayeneleri otopsi tekniğine uygun olarak yapılmış ve balıkların eşey tayinleri gonadların makroskobik incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir (Timur, 2008).

Örneklerin büyüme parametrelerinin belirlenmesinde von Bertalanffy büyüme denklemleri ile diğer denklemlerin bağıntılarından faydalanılmıştır. Buna göre bu bağıntıları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

Yaş-boy ilişkisi (cm)	:	$L_t=L_{\infty}[1-e^{-k(t-t_0)}]$	(Sparre ve Venema, 1998)
Yaş-ağırlık ilişkisi (g)	:	$W_t=W_{\infty}[1-e^{-k(t-t_0)}]^b$	(Sparre ve Venema, 1998)
Maksimum ağırlık (g)	:	$W_{\infty}=a*L_{\infty}^b$	(Sparre ve Venema, 1998)
Büyüme performans indeksi	:	$\Phi'=\text{Log}k+2\text{Log}L_{\infty}$	(Munro ve Pauly, 1983)
Boy-ağırlık ilişkisi	:	$W=a*L^b$	(Bagenal ve Tesch, 1978)
Kondisyon faktörü	:	$KF=(W/L^3)*100$	(Ricker, 1975)

Denklemlerdeki  $L_t$ : t yaşındaki balığın total boyunu,  $L_{\infty}$ : teorik olarak ulaşılacak maksimum boyu,  $k$ : büyüme katsayısını,  $t_0$ : balık boyunun teorik olarak sıfır olduğu yaş,  $W_t$ : t yaşındaki balığın ağırlığını,  $W_{\infty}$ : teorik olarak ulaşılacak maksimum ağırlığı,  $b$ : boy-ağırlık ilişkisindeki üs değerini,  $W$ : balık ağırlığını,  $L$ : balık boyunu,  $a$ ,  $b$ : ilişki sabitlerini,  $KF$ :kondisyon faktörünü ifade eder.

Boy-ağırlık ilişkisi denklemindeki "a" değeri, balık örneklerinin ortalama kondisyon değerini belirtirken "b" değeri balığın içinde bulunduğu ortam şartlarına göre vücut şeklini göstermektedir. Buna göre; bir balık popülasyonunda  $b=3$  ise izometrik büyüme,  $b>3$  ise pozitif allometrik büyüme,  $b<3$  ise negatif allometrik bir büyümeden bahsedilebilir (Avşar, 2005; Çetinkaya vd., 2010).

Bu çalışmada aynı yaş grubundaki dişi ve erkek bireylerin total boy değerleri, ağırlık dağılımları ve kondisyon faktörü değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılmasında SPSS Statistics 22.0 paket programı kullanılarak, Student t-testi uygulanmıştır. Normal dağılıma uymayan (non parametrik testler) veriler için de Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Sonuçlar "A, B" harfi ile ifade edilmiştir. Balık örneklerinin eşey ve yaş grupları arasındaki ilişki durumlarının analizinde yine parametrik bir test

olmayan Ki-Kare ( $X^2$ ) testi kullanılmıştır. Balık örneklerinin boy-boy ilişkilerine bağlı değişimler doğrusal regresyon analizi ile belirlenmiştir (Çimen, 2015; Karagöz, 2015; Kalaycı, 2019).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Yaş ve Eşey Kompozisyonu

Gölova Baraj Gölü'nden avlanan *C. sieboldii* popülasyonunun yaş ve eşey gruplarına göre dağılımına baktığımızda örneklerin %52,5 (105 adet)'inin dişi, %47,5 (95 adet)'inin erkek bireylerden oluştuğu görülmektedir. İncelenen örneklerin D:E oranı ise 1:0,91 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Ancak elde edilen D:E oranı 1:1 değerinden sapma gösterip, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $X^2=11,154$ ,  $p>0,05$ , Tablo 1). Nikolskii (1969), birçok türdeki popülasyonun dişi ve erkek bireyleri arasındaki oranının 1:1 değerine yakın olduğunu bildirmektedir. Bununla birlikte aynı türün popülasyonları arasında eşey kompozisyonunun farklı olabileceğini de belirtmektedir. *C. sieboldii*'nin farklı popülasyonları için daha önceki çalışmalardan elde edilen dişi:erkek oranları incelendiğinde; dişi bireylerin oranın Kelkit çayında (Akgül ve Öztaş, 1989) ve Kızılırmak Nehri Delice Irmağında (Gül vd., 2005) oldukça yüksek; buna karşılık erkek bireylerin

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1083342

oranının ise Sarıyar Baraj Gölünde (Ekmekçi, 1996), Yukarı Çoruh Nehrinde (Yıldırım vd., 2008) ve Hirfanlı Baraj Gölünde (Yılmaz vd., 2010) yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8). Yukarıda adı geçen bu araştırmacıların elde ettikleri eşey oranlarının çalışmamızdaki eşey oranları ile farklılık göstermesinin nedeninin üreme döneminde avlanan dişi sayısının erkeklere oranla daha fazla olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ancak Yukarı Sakarya Havzası Sakaryabaşı Bölgesinde (Ölmez, 1992) yapılan çalışmada ise eşey oranlarının (1:0,94) 1:1'e yakın olduğu görülmüş ve bu oranların yapmış olduğumuz çalışmadaki eşey oranları (1:0,91) ile de benzerlik gösterdiği saptanmıştır (Tablo 8).

Bu çalışmada *C. sieboldii* bireylerinin I-VIII arası yaşlarda olduğu tespit edilmiştir. Farklı habitatlarda yapılan diğer çalışmalarda *C. sieboldii* popülasyonunun Kelkit Çayında I-V (Akgül ve Öztaş, 1989), Yukarı Sakarya Havzası Sakaryabaşı Bölgesinde ve Kızılırmak Nehri Delice Irmağında I-VIII (Ölmez, 1992; Gül vd., 2005) yaşları arasında

dağılım gösterdiği bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada örneklerin yaş gruplarına göre dağılımına baktığımızda, dişiler için I-VI, erkekler için V-VI yaşındaki bireyler baskın durumdadır. Hem dişi hem de erkeklerde II-III-IV yaşındaki bireylere az rastlanması bu yaş grupları üzerinde yoğun bir avcılık baskısının olabileceğini düşündürmektedir. Ölmez (1992), yaptığı çalışmada hem dişiler ve hem de erkek bireyler için III. yaş grubunun baskın durumda olduğunu belirtmiştir. Gül vd. (2005) ise yaptıkları çalışmada dişi bireyler için IV, erkek bireyler için de V. yaş grubunun baskın durumda olduğunu saptamışlardır. Ancak çalışmamızdaki baskın yaş grupları bazı araştırmacıların (Ölmez, 1992; Gül vd., 2005) çalışmalarındaki yaş gruplarından farklı bulunmuştur. Bu farklılık, avlanmada kullanılan farklı av araçları ve avlama yöntemlerinin kullanılmasından kaynaklı olabileceği gibi, yaşadıkları ortamın biyoekolojik özelliklerinin farklılığından da kaynaklanabilir.

**Tablo 1.** *Capoeta sieboldii*'nin yaş ve eşey kompozisyonu

Yaş	Dişi		Erkek		Dişi+Erkek		D:E
	N	%	N	%	N	%	
I	27	13,5	20	10,0	47	23,5	1:0,74
II	4	2,0	10	5,0	14	7,0	1:2,50
III	5	2,5	4	2,0	9	4,5	1:0,80
IV	6	3,0	11	5,5	17	8,5	1:1,83
V	18	9,0	21	10,5	39	19,5	1:1,17
VI	24	12,0	21	10,5	45	22,5	1:0,88
VII	15	7,5	5	2,5	20	10,0	1:0,33
VIII	6	3,0	3	1,5	9	4,5	1:0,50
Toplam	105	52,5	95	47,5	200	100,0	1:0,91

### Boy ve Ağırlık Dağılımları

*C. sieboldii*'nin yaş ve eşey gruplarına göre total boy (TL) değerleri incelendiğinde erkek bireyler için elde edilen değerlerin, dişilere göre II. yaş grubunda yüksek, diğer yaş gruplarında ise düşük olduğu gözlemlenmiştir. Aynı yaş grubundaki dişi ve erkek bireylerin total boy değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; VI. ve VII. yaş gruplarında önemli ( $p < 0,05$ ), diğer yaş

gruplarında önemsiz ( $p > 0,05$ ) görülmüştür (Tablo 2).

*C. sieboldii*'nin yaş grupları ve eşeylere göre ağırlık (W) dağılımları incelendiğinde erkek bireyler için elde edilen değerlerin, dişilere göre II. yaş grubunda yüksek, diğer yaş gruplarında ise düşük olduğu saptanmıştır. Aynı yaş grubundaki dişi ve erkek bireylerin ağırlık değerleri arasında fark istatistiksel olarak III, VI, VII ve VIII. yaş



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1083342

gruplarında önemli ( $p<0,05$ ), diğer yaş gruplarında ise önemsiz ( $p>0,05$ ) olarak bulunmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2.** *Capoeta sieboldii*'nin total boy ve ağırlık değerlerinin yaş ve eşey gruplarına göre dağılımı (Ortalama $\pm$ SH)

Yaş G.	Dişi		Erkek		t-test p değeri	Dişi+Erkek		Dişi		Erkek		t-test p değeri	Dişi+Erkek	
	N	TL $\pm$ SH (min-max)	N	TL $\pm$ SH (min-max)		N	TL $\pm$ SH (min-max)	W $\pm$ SH (min-max)	W $\pm$ SH (min-max)	W $\pm$ SH (min-max)	W $\pm$ SH (min-max)			
I	27	24.54 $\pm$ 0.28 <sup>A</sup> (22.4-27.0)	20	24.10 $\pm$ 0.38 <sup>A</sup> (21.9-27.3)	0.341	47	24.36 $\pm$ 0.23 (21.9-27.3)	131.01 $\pm$ 4.05 <sup>A</sup> (96.0-172.4)	127.14 $\pm$ 6.26 <sup>A</sup> (94.7-173.7)	0.591	129.36 $\pm$ 3.50 (94.7-173.7)			
II	4	28.53 $\pm$ 0.80 <sup>A</sup> (27.0-30.4)	10	28.90 $\pm$ 0.35 <sup>A</sup> (26.9-30.2)	0.620	14	28.79 $\pm$ 0.32 (26.9-30.4)	220.93 $\pm$ 13.69 <sup>A</sup> (189.7-249.0)	224.47 $\pm$ 9.43 <sup>A</sup> (183.0-269.7)	0.841	223.46 $\pm$ 7.52 (183.0-269.7)			
III	5	33.82 $\pm$ 0.99 <sup>A</sup> (31.8-36.7)	4	31.88 $\pm$ 0.17 <sup>A</sup> (31.6-32.3)	0.108*	9	32.96 $\pm$ 0.63 (31.6-36.7)	400.38 $\pm$ 29.30 <sup>A</sup> (336.2-476.5)	314.20 $\pm$ 8.78 <sup>B</sup> (296.6-335.2)	0.014*	362.08 $\pm$ 21.92 (296.6-476.5)			
IV	6	38.55 $\pm$ 0.73 <sup>A</sup> (36.2-40.5)	11	36.95 $\pm$ 0.64 <sup>A</sup> (33.5-39.9)	0.137	17	37.51 $\pm$ 0.51 (33.5-40.5)	578.27 $\pm$ 22.91 <sup>A</sup> (514.1-642.0)	534.28 $\pm$ 17.30 <sup>A</sup> (443.6-628.8)	0.149	549.81 $\pm$ 14.37 (443.6-642.0)			
V	18	41.16 $\pm$ 0.37 <sup>A</sup> (39.1-45.2)	21	40.11 $\pm$ 0.38 <sup>A</sup> (37.4-43.0)	0.056	39	40.59 $\pm$ 0.27 (37.4-45.2)	758.05 $\pm$ 16.42 <sup>A</sup> (649.6-946.9)	724.60 $\pm$ 19.42 <sup>A</sup> (600.7-902.5)	0.205	740.04 $\pm$ 13.04 (600.7-946.9)			
VI	24	44.23 $\pm$ 0.37 <sup>A</sup> (40.7-47.0)	21	42.51 $\pm$ 0.28 <sup>B</sup> (40.0-44.8)	0.001	45	43.43 $\pm$ 0.27 (40.0-47.0)	976.26 $\pm$ 25.09 <sup>A</sup> (784.6-1156.7)	876.99 $\pm$ 19.05 <sup>B</sup> (742.4-1006.8)	0.004	929.93 $\pm$ 17.56 (742.4-1156.7)			
VII	15	48.23 $\pm$ 0.37 <sup>A</sup> (45.7-51.1)	5	44.96 $\pm$ 0.58 <sup>B</sup> (43.2-46.6)	0.000	20	47.42 $\pm$ 0.45 (43.2-51.1)	1273.09 $\pm$ 21.71 <sup>A</sup> (1125.4-1383.6)	1043.08 $\pm$ 10.92 <sup>B</sup> (1022.1-1075.9)	0.000	1215.59 $\pm$ 28.09 (1022.1-1383.6)			
VIII	6	50.23 $\pm$ 0.51 <sup>A</sup> (48.8-51.7)	3	48.83 $\pm$ 0.87 <sup>A</sup> (47.1-49.9)	0.183	9	49.77 $\pm$ 0.48 (47.1-51.7)	1535.93 $\pm$ 43.73 <sup>A</sup> (1430.4-1697.3)	1367.17 $\pm$ 11.84 <sup>B</sup> (1346.3-1387.3)	0.011	1479.68 $\pm$ 39.99 (1346.3-1697.3)			

\* Mann-Whitney u testi **A, B:** Aynı satırda aynı harfle gösterilen eşey grupları arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0,05$ )

Yaptığımız çalışmada *C. sieboldii* bireylerine ait örneklerin total boy (Tablo 2) ve ağırlık değerlerinin (Tablo 3) dişilerde 22,04-51,7 cm ve 96,0-1697,3 g; erkeklerde 21,9-49,9 cm ve 94,7-1387,3; tüm bireylerde 21,9-51,7 cm ve 94,7-1697,3 g arasında olduğu belirlenmiştir. Aynı yaş grubundaki dişi ve erkek bireylerin istatistiksel olarak total boy ortalamaları arasındaki farklılığın VI ve VII. yaşlarda; ağırlık ortalamaları arasındaki farklılığın ise III, VI, VII ve VIII. yaşlarda önemli olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

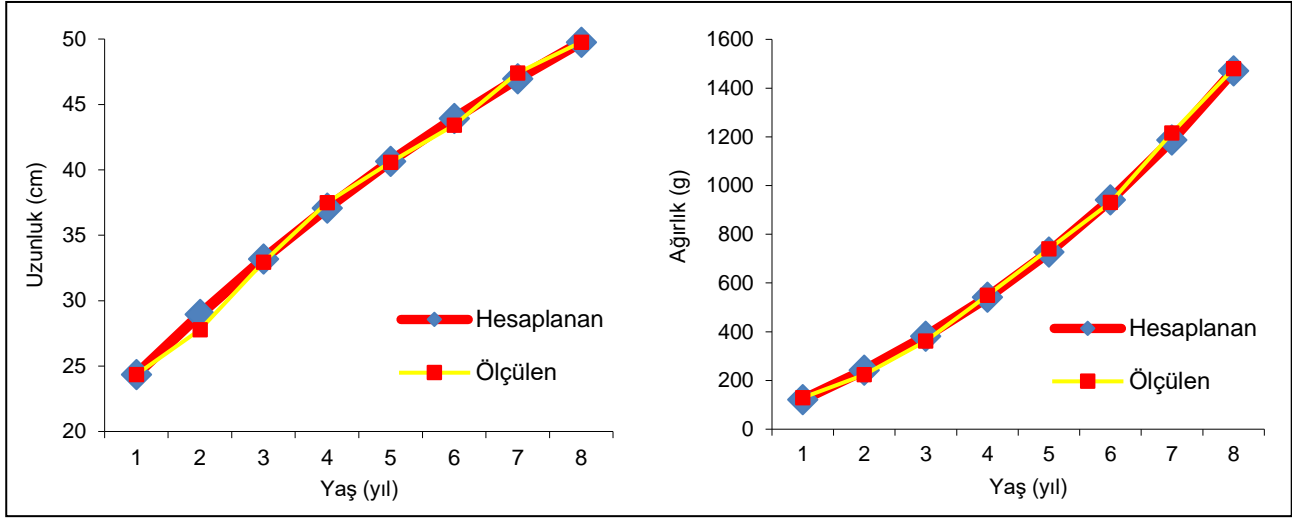
*C. sieboldii*'nin farklı popülasyonları için yapılan diğer çalışmalardan elde edilen ortalama boy ve ağırlık değerleri de incelendiğinde çalışmamızda elde edilen boy ve ağırlık değerleri ile diğer araştırmacıların elde ettiği veriler arasında farklılık vardır (Tablo 8). Boy ve ağırlık değerlerinde görülen bu farklılıkların; çevre şartlarındaki değişikliklerden, örneklerin temininde farklı av araçları ve avlama yöntemlerinin kullanılmasından, avlama mevsimi ve örnekleme zamanından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca besin maddelerinin varlığı, popülasyonların beslenme rejimleri ve farklı büyüme hızları, hastalıklar, parazitler ve örnek sayıları da

popülasyonlar arasında boy ve ağırlık değerlerinde farklılıklara neden olabilmektedir (Nikolskii, 1969).

### Yaş-Boy ve Yaş-Ağırlık İlişkileri

*C. sieboldii*'nin eşey farkına bağlı olarak yaş-boy ilişkisi incelendiğinde, von Bertalanffy büyüme denklemleri sırasıyla dişilerde  $L_t=75,42[1-e^{-0,10(t+2,93)}]$ , erkeklerde  $L_t=82,05[1-e^{-0,08(t+3,35)}]$  ve tüm bireylerde  $L_t=81,74[1-e^{-0,08(t+3,24)}]$  olarak saptanmıştır (Tablo 3). Buna göre yaşa bağlı olarak ölçülen ve hesaplanan total boy değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ) (Şekil 2). Büyüme performans indeks değerleri de ( $\emptyset'$ ) dişilerde 2,757, erkeklerde 2,727 ve tüm bireylerde 2,746 olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Gölova Baraj Gölü'nden avlanan *C. sieboldii*'nin eşey farkına bağlı olarak yaş-ağırlık ilişkisi incelendiğinde, von Bertalanffy büyüme denklemleri dişilerde  $W_t=5705,89[1-e^{-0,10(t+2,93)}]^{3,3689}$ , erkeklerde  $W_t=8059,06[1-e^{-0,08(t+3,35)}]^{3,4003}$  ve tüm bireylerde  $W_t=7758,71[1-e^{-0,08(t+3,24)}]^{3,3771}$  olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Buna göre yaşa bağlı olarak ölçülen ve hesaplanan ağırlık değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu gözlemlenmiştir ( $p>0,05$ ) (Şekil 2).



**Şekil 2.** *Capoeta sieboldii* bireylerinde von Bertalanffy büyüme parametrelerine göre yaş-boy ve yaş-ağırlık ilişkileri

Gölova Baraj Gölü'nde yaşayan *C. sieboldii* bireylerinde von Bertalanffy büyüme denkleminde göre dişilerde  $L_{\infty}=75,42$  cm,  $W_{\infty}=5705,89$  g,  $k=0,1004$  yıl<sup>-1</sup>,  $t_0=-2,9289$  yıl; erkeklerde  $L_{\infty}=82,05$  cm,  $W_{\infty}=8059,06$  g,  $k=0,0792$  yıl<sup>-1</sup>,  $t_0=-3,3505$  yıl; tüm bireylerde  $L_{\infty}=81,74$  cm,  $W_{\infty}=7758,1$  g,  $k=0,0835$  yıl<sup>-1</sup> ve  $t_0=-3,2362$  yıl olarak hesaplanmıştır. Dişiler için hesaplanan  $L_{\infty}$  ve  $W_{\infty}$  değerleri erkek bireylere göre düşük bulunmuş, ancak dişilerin büyüme katsayısı (k) ve  $t_0$  değeri de erkek bireylerden yüksek olarak saptanmıştır (Tablo 3). Yapılan başka bir çalışmada dişiler için hesaplanan  $L_{\infty}$  ve  $W_{\infty}$  değerleri erkek bireylere göre yine düşük bulunmuş, ancak dişilerin büyüme katsayısı (k) ve  $t_0$  değeri yine erkek bireylerden yüksek olarak hesaplanmıştır (Gül vd., 2005). Bu sonuca göre erkek bireylerin dişilere göre daha

hızlı bir büyüme gerçekleştirdiği düşünülebilir (Ricker, 1975). Çalışmamızda elde edilen büyüme performans indeks değerleri ise diğer araştırmacıların (Ölmez, 1992; Gül vd., 2005) elde ettiği değerlerden yüksek bulunmuştur (Tablo 3). Bu durum, çalışmamızdaki *C. sieboldii* popülasyonlarının diğer popülasyonlara oranla daha iyi bir gelişim gösterdiğini ifade etmektedir.

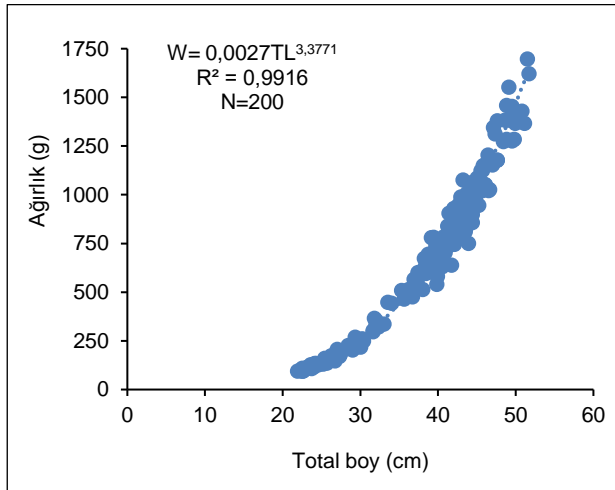
Farklı habitatlardaki *C. sieboldii* popülasyonlarının von Bertalanffy büyüme denklemlerine ait parametreler arasında farklılıklar vardır (Tablo 3). Büyüme parametreleri arasındaki bu farklılığın; örnekleme zamanı ve örnek sayılarının farklılığı, popülasyonların büyüme hızları, yaş tayini yöntemi ve yaş tayininde farklı kemiksi yapıların kullanılması gibi nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.** Farklı habitatlardaki *Capoeta sieboldii* popülasyonlarının von Bertalanffy büyüme denkleminin parametreleri

Habitat	N	Eşey	$L_{\infty}$ (cm)	$W_{\infty}$ (g)	k (yıl <sup>-1</sup> )	$t_0$ (yıl)	$\emptyset'$	Referans
Kızılırmak Nehri	491	♀	636,98	2185,52	0,0751	-1,7519	2,484	Gül vd., 2005
		♂	670,53	2441,28	0,0707	-1,8925	2,502	
Yukarı Sakarya Havzası	173	♀	44,03	902,52	0,1222	-1,7053	2,375	Ölmez, 1992
		♂	36,76	650,79	0,1825	-1,2532	2,392	
		♀+♂	39,22	790,59	0,1561	-1,4331	2,380	
Gölova Baraj Gölü	200	♀	75,42	5705,89	0,1004	-2,9289	2,757	Bu araştırma
		♂	82,05	8059,06	0,0792	-3,3505	2,727	
		♀+♂	81,74	7758,71	0,0835	-3,2362	2,746	

### Boy-Ağırlık ve Boy-Boy İlişkileri

*C. sieboldii*'nin eşey farkına bağlı olarak boy-ağırlık ilişkileri incelendiğinde bu ilişkilerde ortaya konan boy-ağırlık ilişkisi denklemleri ile korelasyon katsayıları dişilerde  $W=0,0027TL^{3,3689}$  ( $R^2=0,9928$ ); erkeklerde  $W=0,0025TL^{3,4003}$  ( $R^2=0,9901$ ); tüm bireylerde  $W=0,0027TL^{3,3771}$  ( $R^2=0,9916$ ) olarak (Şekil 4) belirlenmiştir (Tablo 4). Bu çalışmada boy-ağırlık ilişkisindeki "b" değerleri dişilerde 3,3689, erkeklerde 3,4003 ve tüm bireylerde 3,3771 olarak belirlenmiş olup, bu değerlerin istatistiksel olarak 3'ten farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre Gölova Baraj Gölü'ndeki *C. sieboldii* popülasyonlarının pozitif allometrik bir büyüme gösterdiği saptanmıştır ( $p<0,05$ ).



Şekil 4. *Capoeta sieboldii*'nin boy-ağırlık ilişkisi

Dişi ve erkek bireylerin "b" değerleri arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Boy-ağırlık arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde dişi, erkek ve tüm bireyler için kuvvetli ve anlamlı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir ( $R^2>0,989$ ,  $p<0,001$ , Tablo 4). Ayrıca çalışmamızdaki b değerleri daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Bu farklılığa coğrafik konum, çevre şartlarındaki değişiklikler, avlama mevsimi, incelenen örnek sayısı, yumurtlama dönemi ve gonad olgunluğu, cinsiyet, besin maddelerinin varlığı, beslenme düzeyleri, mide doluluk oranları, hastalıklar ve parazitlerin neden olabileceği düşünülmektedir (Nikolskii, 1969). *C. sieboldii*'nin farklı habitatlarda yaşayan popülasyonları için yapılan çalışmalardan elde edilen boy-ağırlık ilişkisi parametreleri incelendiğinde, daha önce yapılan bazı çalışmalarda tüm bireyler için elde edilen b değerleri 3'ün üstünde belirlenmiş (Yılmaz vd., 2010); Akgül ve Öztaş (1989), Gül vd. (2005), Kahraman vd. (2014)'nin yaptıkları çalışmalarda da b değerlerinin 3'ün altında olduğu saptanmıştır ve bu sonuca göre negatif allometrik bir büyümenin gerçekleştiği görülmüştür (Tablo 6). Diğer yapılan çalışmalarda da b değerlerinin 3'e yakın olması, *C. sieboldii* popülasyonları için beslenme performansının normale yakın bir düzeyde olduğunu yani izometrik bir büyümenin gerçekleştiğini göstermektedir (Ölmez,1992; Yıldırım vd., 2008; Gaygusuz vd., 2013; Zencir ve Korkmaz, 2016; Ünsever, 2019; Emiroğlu, 2020).

Tablo 4. *Capoeta sieboldii*'de boy-ağırlık ve boy-boy ilişkisi parametreleri

Eşey	N	Boy-ağırlık ilişkileri					Boy-boy ilişkileri			
		Denklem	a	b	R <sup>2</sup>	Büyüme tipi	Eşitlik	a	b	R <sup>2</sup>
Dişi	49	$W=0,0027TL^{3,3689}$	0,0027	3,3689	0,9928	Allometrik <sup>+</sup>	$FL=aTL+b$	0,9364	-0,7134	0,998
							$SL=aFL+b$	0,9449	-0,8086	0,999
							$SL=aTL+b$	0,8850	-1,4872	0,997
Erkek	35	$W=0,0025TL^{3,4003}$	0,0025	3,4003	0,9901	Allometrik <sup>+</sup>	$FL=aTL+b$	0,9314	-0,6276	0,998
							$SL=aFL+b$	0,9428	-0,7862	0,999
							$SL=aTL+b$	0,8785	-1,3924	0,998
Dişi+Erkek	84	$W=0,0027TL^{3,3771}$	0,0027	3,3771	0,9916	Allometrik <sup>+</sup>	$FL=aTL+b$	0,9352	-0,7138	0,998
							$SL=aFL+b$	0,9445	-0,8175	0,999
							$SL=aTL+b$	0,8835	-1,4993	0,997

a,b regresyon sabitleri, R<sup>2</sup> korelasyon katsayısı, TL total boy, FL çatal boy, SL standart boy

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1083342

Gölova Baraj Gölü'nde yaşayan *C. sieboldii*'nin farklı boy dağılımları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, eşey farkına bağlı olarak farklı boy tipleri arasında kuvvetli doğrusal ilişkilerin olduğu görülmüştür ( $R^2>0,996$ ,  $p<0,001$ , Tablo 4). Bu ilişkiler yardımıyla mevcut çalışma sonuçlarının, farklı boy ölçümleri kullanılarak yapılan diğer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmasında kolaylık sağlanacaktır. Bu bağlamda Hirfanlı Baraj Gölü'nde (Yılmaz vd., 2010), Kirmir Çayı ve Sakarya Nehri'nde (Zencir ve Korkmaz, 2016), Kuzeybatı Anadolu'daki Porsuk, Emet ve Seydi Çaylarında (Emiroğlu vd., 2019) yaşayan *C. sieboldii*'nin farklı boy ölçümleri arasında yine kuvvetli doğrusal ilişkilerin olduğu gözlenmiştir ( $p<0,001$ , Tablo 6).

### Kondisyon Faktörü

Kondisyon faktörü, büyümenin önemli göstergelerinden birisi olup, balık popülasyonlarının incelenmesinde ve balıkların beslilik durumlarının belirlenmesinde ölçüt olarak kullanılır (Korkmaz, 2008). Kondisyon faktörü; besin yoğunluğu, iklim

şartları gibi benzer ya da farklı ortamlarda yaşayan aynı tür balık popülasyonlarının karşılaştırılmasında, gonadların olgunlaşma zamanı ve süresinin belirlenmesinde, beslenme aktivitesi veya besin teminindeki değişikliklerin bir göstergesi olarak kullanılır. Boy ve ağırlık verileri kullanılarak hesaplanan kondisyon faktörü değerlerinin tür içinde cinsiyet, yaş, mevsim, cinsel olgunluk durumu ve üreme, örnekleme zamanı, beslenme şartları ve habitata göre değişim gösterdiği bildirilmiştir (Erkoyuncu, 1995; Çetinkaya vd., 2010).

Gölova Baraj Gölü'nde yaşayan *C. sieboldii*'nin ortalama kondisyon faktörü değerlerinin dişilerde 0,881-1,212, erkeklerde 0,896-1,178 ve tüm bireylerde 0,887-1,201 arasında olduğu saptanmıştır (Tablo 5). Kondisyon faktörü değerleri eşey gruplarına göre incelendiğinde dişi bireyler için elde edilen değerlerin, erkek bireylere göre II., III. ve VIII. yaş grubunda yüksek, diğer yaş gruplarında ise düşük olduğu görülmüştür (Tablo 5). Bu durumun üreme dönemlerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 5.** *Capoeta sieboldii*'nin kondisyon değerlerinin yaş ve eşey gruplarına göre dağılımı (Ortalama±SH)

Yaş G.	Dişi		Erkek		t-test p değeri	Dişi+Erkek	
	N	KF±SH (min-max)	N	KF±SH (min-max)		N	KF±SH (min-max)
I	27	0.881±0.010 <sup>A</sup> (0.78-0.98)	20	0.896±0.010 <sup>A</sup> (0.83-0.98)	0.311	47	0.887±0.007 (0.78-0.98)
II	4	0.952±0.036 <sup>A</sup> (0.89-1.05)	10	0.927±0.024 <sup>A</sup> (0.81-1.07)	0.599	14	0.934±0.020 (0.81-1.07)
III	5	1.032±0.038 <sup>A</sup> (0.94-1.14)	4	0.970±0.018 <sup>A</sup> (0.94-1.02)	0.217	9	1.004±0.024 (0.94-1.14)
IV	6	1.011±0.031 <sup>A</sup> (0.94-1.13)	11	1.063±0.030 <sup>A</sup> (0.86-1.19)	0.281	17	1.044±0.023 (0.86-1.19)
V	18	1.090±0.023 <sup>A</sup> (0.89-1.31)	21	1.121±0.017 <sup>A</sup> (0.88-1.21)	0.268	39	1.106±0.014 (0.88-1.31)
VI	24	1.124±0.013 <sup>A</sup> (0.98-1.25)	21	1.140±0.017 <sup>A</sup> (0.99-1.28)	0.446	45	1.131±0.011 (0.98-1.28)
VII	15	1.136±0.020 <sup>A</sup> (1.02-1.28)	5	1.154±0.057 <sup>A</sup> (1.02-1.33)	0.708	20	1.141±0.020 (1.02-1.33)
VIII	6	1.212±0.031 <sup>A</sup> (1.09-1.31)	3	1.178±0.057 <sup>A</sup> (1.10-1.29)	0.576	9	1.201±0.027 (1.09-1.31)

**A, B:** Aynı satırda aynı harfle gösterilen eşey grupları arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0,05$ )

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1083342

**Tablo 6.** *Capoeta sieboldii* bireylerinin farklı ortamlardaki büyüme parametreleri (Ortalama±SH)

Habitat	Dişi		Erkek		D:E	TL±SH (min-max)	W±SH (min-max)	KF±SH (min-max)	Boy-ağırlık ilişkisi parametreleri				Referans
	N	%	N	%					a	b	R <sup>2</sup>	Büyüme tipi	
Kelkit Çayı	-	64,79	-	35,21	1:0,54	10,4-17,6*	12,9 - 93,1	1,19	0,0071	2,644	-	Allometrik <sup>-</sup>	Akgül ve Öztaş, 1989
Yukarı Sakarya Havzası	89	51,45	84	48,55	1:0,94	12,4±0,6 – 30,5±0,7 (10,2-31,5)*	21,0±3,1 – 334,2±17,5 (13,9-381,3)	1,21±0,02 - 1,36±0,01 (1,06-1,47)	0,0104	3,0580	0,9978	İzometrik	Ölmez, 1992
Sarıyar Baraj Gölü	-	-	-	-	1:1,21	-	-	-	-	-	-	-	Ekmekçi, 1996
Kızıllırmak Nehri	265	49,40	226	42,00	1:0,85	9,7±1,1 – 31,1±1,6 (7,8-34,1)*	14,0±3,2 – 326,0±17,9 (9,0-359,0)	1,33±0,18 – 1,82±0,18	0,000066	2,710	-	Allometrik <sup>-</sup>	Gül vd., 2005
Yukarı Çoruh Nehri	53	32,72	109	67,28	1:2,06	(10,0-45,5)*	-	(1,25-1,50)	0,012	3,039	0,99	İzometrik	Yıldırım vd., 2008
Hirfanlı B. Gölü	79	46,47	91	53,53	1:1,15	23,5 – 37,5 (20,7-37,3)*	(112,0-742,0)	1,31±0,13 – 1,31±0,11 (1,12-1,43)	0,0100	3,078	0,94	Allometrik <sup>+</sup>	Yılmaz vd., 2010
Çamlığöze B. Gölü	7	-	-	-	-	(22,7-42,1)	(107,1-682,5)	1,02±0,155 (0,92-1,36)	-	-	-	-	Dirican ve Çilek, 2012
Kılıçkaya B. Gölü	19	-	-	-	-	28,6±3,1 (24,4-34,7)*	283,5±103,7 (175,2-505,0)	1,16±0,12 (0,99-1,46)	-	-	-	-	Dirican vd., 2012
Porsuk ve Emet Çayı	126	-	-	-	-	(7,1-43,9)	(3,0-842,0)	-	0,009	3,032	0,983	İzometrik	Gaygusuz vd., 2013
Sakarya Nehri	24	-	-	-	-	(22,4-33,4)	(274,8-717,6)	-	0,1356	2,444	0,925	Allometrik <sup>-</sup>	Kahraman vd., 2014
Kirmir Çayı	73	-	-	-	-	(5,4-34,0)*	(2,9-611,67)	-	0,015	2,996	0,985	İzometrik	Zencir ve Korkmaz, 2016
Çoruh Nehri	66	-	-	-	-	-	-	-	0,010	2,969	0,967	İzometrik	Ünsever, 2019
Kuzeybatı Anadolu	-	-	-	-	-	20,9±8,3 (7,1-43,7)	130,2±148,0 (3,0-842,0)	-	0,000009	3,0173	0,989	İzometrik	Emiroğlu vd., 2020
Gölova B. Gölü	105	52,50	95	47,50	1:0,91	43,34±5,07 (29,3-51,7)	956,5±321,3 (269,7-1697,3)	1,05±0,13 (0,78-1,33)	0,0027	3,3771	0,9916	Allometrik <sup>+</sup>	Bu araştırma

\* Çatal boy değerleri kullanılmıştır

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1083342

Çalışmamızda tüm yaş gruplarında dişi ve erkek bireylerin kondisyon faktörü değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ) (Tablo 5). Ancak Gül vd. (2005), yaptıkları çalışmada eşeyler arasındaki farklılığın IV. ve V. yaş gruplarında önemli ( $p<0,05$ ), diğer yaş gruplarında da önemsiz ( $p>0,05$ ) olduğunu bildirmişlerdir. Ölmez (1992) ise bütün yaş grupları için eşeyler arasındaki farklılığın yine önemli olmadığını bildirmiştir ( $p>0,05$ ). Gölova Baraj Gölü *C. sieboldii* popülasyonu için hesaplanan kondisyon faktörü değerleri ( $1,05\pm 0,13$ ) Çamlığöze Baraj Gölü'nde  $1,02\pm 0,16$  (Dirican ve Çilek, 2012), Kılıçkaya Baraj Gölü'nde  $1,16\pm 0,12$  (Dirican vd., 2012) olarak hesaplanan değerlerle benzerlik göstermiştir. Kondisyon faktörünün analizi için hesapladığımız total boy değerlerinin yerine eğer çatal boy değerleri verilmiş olsaydı, bu çalışmada elde edilen kondisyon katsayıları diğer bazı araştırmacıların bildirdiği değerlerle yine benzerlik gösterirken (Gül vd., 2005; Yıldırım vd., 2008; Yılmaz vd., 2010); bazı araştırmacıların hesapladığı değerlerden de yüksek (Akgül ve Öztaş, 1989; Ölmez, 1992; Dirican vd., 2012) olarak bulunmuş olacaktır (Tablo 6).

## SONUÇ

Gölova Baraj Gölü'ndeki *C. sieboldii* popülasyonunun kondisyon değerler gelişimlerinin iyi olduğu ve buna bağlı olarak besleyicilik kapasitesinin yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Ancak tür üzerindeki avcılık baskısının kontrol altına alınması, sürdürülebilir balıkçılık açısından önem arz etmektedir. Gölova Baraj Gölü'ndeki bu tür üzerinde büyüme özellikleri ile ilgili herhangi bir çalışmanın bulunmaması; bu çalışmanın yetiştiriciliğe kazandırılacak diğer türler için daha sonradan yapılacak olan çalışmalara ışık tutacağı görüşünü desteklemektedir. Ayrıca farklı boy ölçümleri kullanılarak elde edilen boy-boy ilişkilerinin mevcut çalışma sonuçları ile diğer çalışma sonuçlarının karşılaştırılmasında kolaylık sağlanacağı düşünülmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar çalışma ile ilgili çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Akgül, M. ve Öztaş, H. (1989). A study in the population dynamics of (*Capoeta capoeta sieboldii* Steindachner, 1864) in the Kelkit Stream (Yeşilirmak) from black sea basin (Turkey) (yayınlanmamış).
- Avşar, D. (2005). Balıkçılık biyolojisi ve populasyon dinamiği (332s). Adana: Nobel Kitabevi.
- Bagenal, T. B. ve Tesch, F.W. (1978). Age and growth in methods for assessment of fish production in freshwaters (101-136pp), blackwell science publication, (Ed.) Bagenal T B., Oxford.
- Chugunova, N.I. (1963). Age and growth studies in fish, 132, Israel Program Science Translational, No: 610, National Science Fonds, Washington D.C. USA.
- Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Candeğer, A.F. (1993). Av araçları ve avlama teknolojisi (541s). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Çetinkaya, O., Şen, F. ve Elp, M. (2010). Balık biyolojisi ve araştırma yöntemleri (501s): Karataş M. (Editör), Balıklarda büyüme ve büyüme analizleri. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Çimen, M. (2015). Fen ve sağlık bilimleri alanında SPSS uygulamalı veri analizi (314s). Ankara: Palme Yayınları.
- Dirican, S. ve Çilek, S. (2012). Condition factors of seven cyprinid fish species from Çamlığöze Dam Lake on Central Anatolia, Turkey. African Journal of Agricultural Research, 7 (31), 4460-4464.
- Dirican, S., Musul, H. ve Çilek, S. (2012). Condition factors of some cyprinid fishes of Kılıçkaya reservoir, Sivas, Turkey. Indian Journal of Animal Research, 46 (2), 172-175.
- Ekmekçi, G.F. (1996). Sarıyar Baraj Gölü'nde (Ankara) yaşayan *Capoeta capoeta sieboldii* (Steindachner, 1897)'nin bazı büyüme özellikleri. Turkish Journal of Zoology, 20, 127-136.
- Emiroğlu, Ö., Giannetto, D., Aksu, S., Başkurt, S., Çiçek, A. ve Tarkan, A.S. (2020). Length-weight, length-length and empirical standard weight equations for *Capoeta baliki*, *Capoeta sieboldii* and *Chondrostoma angorense*, three endemic cyprinid species of northwestern Anatolia. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19 (1), 204-216.
- Erkoyuncu, İ. (1995). Balıkçılık biyolojisi ve populasyon dinamiği (265s). Sinop: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları.
- Gaygusuz, Ö., Aydın, H., Emiroğlu, Ö., Top, N., Dorak, Z., Gaygusuz, Ç.G., Başkurt, S. ve Tarkan, A.S. (2013). Length-weight relationships of freshwater fishes from the western part of Anatolia, Turkey. Journal of Applied Ichthyology, 29, 285-287.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1083342

- Geldiay, R. ve Balık, S. (2009). Türkiye tatlısu balıkları (644s). Bornova/İzmir: Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Gül, A., Yılmaz, M. ve Saylar, Ö. (2005). Kızılırmak Nehri Delice Irmağı'nda yaşayan *Capoeta capoeta sieboldii* (Steindachner, 1864)'nin büyüme ve üreme özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 1 (2), 7-17.
- Gündüz, F., Demirel, F., Çoban, M.Z., Yüksel, F., Kurtoğlu, M., Yıldız, N. ve Kılıç, A. (2015). Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki *Capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı populasyon parametreleri. International Journal of Pure and Applied Sciences, 1 (2), 100-111.
- Kahraman, A.E., Göktürk, D. ve Aydın, E. (2014). Length-weight relationships of five fish species from the Sakarya River, Turkey. Annual Research & Review in Biology, 4 (15), 2476-248.
- Kalaycı, Ş. (2019). SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri (426s). Ankara: Dinamik Akademi Yayın Dağıtım Kırtasiye Eğitim Limited Şirketi.
- Karagöz, Y. (2015). SPSS 22 uygulamalı biyoistatistik: tıp, eczacılık, diş hekimliği ve sağlık bilimleri için (744s). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Korkmaz, A.Ş. (2008). Populasyon dinamiği (549s). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Köksaldı, E. (2020). Çoğun Baraj Gölü (Kırşehir-Türkiye) balık faunası üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kırşehir.
- Munro, J.L. ve Pauly, D. (1983). A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte, 1 (1), 5-6.
- Nikolskii, G.V. (1969). Theory of fish population dynamics: as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources (Translated by Dr. J.E.S. Bradley) (340pp). Published by Oliver&Boyd.
- Ölmez, M. (1992). Yukarı Sakarya Havzası Sakaryabaşı bölgesi balıklarının populasyon dinamiği üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Özcan, E.İ. ve Serdar, O. (2021). Some growth parameters of *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) population living in the Pülümür River. International Journal of Pure and Applied Sciences, 7 (3), 410-418.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 191, 1-382.
- Serdar, O. ve Özcan, E.İ. (2016). Length-weight and length-length relationships of *Capoeta umbla* in Karasu River (East Anatolia, Turkey). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33 (4), 413-416.
- Sparre, P. ve Venema, S.C. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment, part 1. manual. FAO fisheries technical paper (407pp). Rome: No.306/1 (Rev.2).
- Tesch, F.W. (1968). Age and growth. In methods for assessment of fish production in freshwaters (93-123pp). Edited by W.E. Ricker. IBP. Handbook No:3, Blackwell Scientific Publ. Oxford and Edinburgh.
- Timur, G. (2008). Balık anatomisi (184s). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- URL (2017). Türkiye'deki Barajlar, DSİ Vakfı Yayın No: 2014/1. [http://www2.dsi.gov.tr/barajlar\\_albumu/files/assets/basic-html/index.html#336](http://www2.dsi.gov.tr/barajlar_albumu/files/assets/basic-html/index.html#336) (Erişim tarihi: 21 Aralık 2017).
- Ünsever, Y. (2019). Çoruh Nehri (Bayburt)'nin balık faunasının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Yıldırım, A., Arslan, M. ve Bektaş, S. (2008). Length-weight relationship and seasonal condition in *Capoeta sieboldii* in the upper Çoruh River, Turkey. Journal of applied ichthyology, 24, 711-712.
- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Yılmaz, M. ve Polat, N. (2010). Length-weight and length-length relationships of *Capoeta sieboldii* from Hirfanlı Dam Lake, Turkey. Journal of freshwater ecology, 25 (2), 205-209.
- Zencir, Ö. ve Korkmaz, A.Ş. (2016). Length-weight and length-length relationships of fish species in Kirmir Stream and its tributaries (Suveri and Ilhan Stream) of Sakarya River, Turkey. Journal of Applied Biological Sciences, 10 (1), 55-60.

## Türkiye’ de Yayılış Gösteren *Hypericum L.* Cinsine Ait 3 Taksonun Uçucu Yağ Bileşenleri

Neslihan Taşar<sup>1\*</sup>, Osman Gedik<sup>2</sup>, Murat Kürşat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Organik Tarım Programı, Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bitlis, Türkiye

\*ntasar@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, ogedik@ksu.edu.tr<sup>ID</sup>, mkursat@beu.edu.tr<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi: 02.02.2022, Makale kabul tarihi:09.05.2022

### Öz

Bu çalışmada ülkemizin biyolojik zenginliklerinin önemli bir parçası olan ve doğal habitatlarından toplanan *Hypericum L.* cinsine ait *Hypericum uniglandosum* Hausskn. ex Bornm., *Hypericum microcalycinum* Boiss. & Heldr. ve *Hypericum scabroides* N. Robson & Poulter türleri uçucu yağ bileşenleri yönünden araştırılmıştır. Bu türlerden *Hypericum uniglandosum* ve *Hypericum scabroides* türleri endemik türdür. Çalışmada kullanılan bitkiler temmuz-ağustos ayında çiçekli dönemde iken toplanarak uçucu yağ bileşenleri yönünden araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 14 farklı bileşen tespit edilmiştir. Bitki örnekleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre en çok bulunan bileşen; *H. uniglandosum*’ da; % 90.25, *H. microcalycinum*’ da; %91.46 ve *H. scabroides*’te; % 91.77 olarak alpha-pinene olmuştur. Bu bileşenden başka değişik oranlar olmakla birlikte beta-pinene, beta-myrcene, limonene, cymene gibi çeşitli bileşenler de analiz sonuçlarına göre rapor edilmiştir. Çalışma materyalimizi oluşturan bitkiler üzerinde farklı oranlarda, farklı bileşenler tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızı oluşturan *H. uniglandosum* ve *H. scabroides* türleri endemik tür olduğu için uçucu yağ analizlerinin belirlenmesinin önem arz ettiği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Endemik, Hypericaceae, *Hypericum*, uçucu yağ

## Essential Oil Components of 3 Taxa of *Hypericum L.* Genus Distributing In Turkey

### Abstract

In this study, *Hypericum uniglandosum* Hausskn. ex Bornm., *Hypericum lydium* Boiss. and *Hypericum scabroides* N. Robson & Poulter species belonging to the *Hypericum* genus, which are an important part of the biological richness of our country and collected from their natural habitats, were investigated in terms of essential oil components. Among these species, *Hypericum uniglandosum* and *Hypericum scabroides* species are endemic. The plants used in the study were collected during the flowering period in July-August and investigated in terms of essential oil components. Considering to the results of the analysis, 14 diverse components were determined. For the results of the analysis made with plant samples, the most common component; In *H. uniglandosum*; 90.25% in *H. microcalycinum* 91.46% and in *H. scabroides*; 91.77% was alpha-pinene. Although there are different ratios apart from this component, various components such as beta-pinene, beta-myrcene, limonene, cymene have also been reported according to the results of the analysis. Different components were detected at different rates on the plants that make up our study material. In addition, since *H. uniglandosum* and *H. scabroides* species that make up our study are endemic species, it is important to determine the essential oil analysis.

**Keywords:** Endemic, Hypericaceae, *Hypericum*, essential oil

### GİRİŞ

Hypericaceae familyasının bir diğer adı Clusiaceae (Guttiferae) olarak bilinir ve genellikle tropik alanlarda yayılış gösteren bir familyadır. Metabolizmalarında uçucu yağ ve sekonder metabolit

bulunduran bu familya yaklaşık 35 cins ve 400’den fazla türden oluşur. (Davis ve ark.1967) Ülkemizde ise bu familyanın 1 cinsi ve 100 civarında da taksonu bulunmaktadır (Baytop, 1983). *Hypericum* cinsinin



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1066896

ait bitki türleri bünyelerinde bol miktarda uçucu yağ bulundurur ve flavonoid olarak ta hiperisin içerir. Bu cins yaygın olarak kırmızı veya siyah renklere sahip çalı ya da otlardan oluşan bir cinstir (Robson ve ark. 2001). Türkiye’ de *Hypericum* cinsi 119 tür ile temsil edilir. Bu türlerin 49 tanesi endemik türdür (Güner ve ark. 2012). Endemik tür sayısı oldukça fazla olan bu cinsin endemizm oranı yaklaşık % 49 dur. *Hypericum* cinsi genel olarak kantaron adı ile bilinmektedir (Nogueira ve ark. 2007). Halk dilinde *H. Uniglandosum*, kemaliyekantaronu; *H.lydium*, cayasancıyan ve *H. scabroides* ise kepirotu olarak adlandırılmaktadır (Güner ve ark. 2000).

Yapısında bulundurdıkları bol miktardaki uçucu yağlar sebebiyle, endüstride gıdalarda tat ve kozmetikte koku üretimi yapılan işletmelerde hammadde kaynağı olarak kullanılırlar. Bununla birlikte yapısındaki hiperisin ve diğer flavonoid ve fenolik bileşikler sebebiyle de birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır (Kitanov, 2001; Başer vd., 2002). Biyolojik araştırmalarda Uçucu yağ analiz sonuçları, türlerin taksonomik seviyelerin belirlenmesinde, mevcut taksonomik durumlarının yeniden ele alınmasında, coğrafik yapılarının ve tür içi çeşitliliğin belirlenmesinde oldukça faydalı sonuçlar vermektedir (Robson, 2010).

Schwob vd., 2002, Güney Fransa’da farklı habitatlardan çalışılan *H. perforatum*’un vejetatif kısımlarındaki uçucu yağ bileşimini GC-MS ile analiz etmiştir. Analiz sonucunda 29 ile 41 arasında bileşen bulunmuştur. Ana bileşen olarak seskiterpen hidrokarbon belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki uçucu yağ bileşimlerinde küçük farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Brezilya’nın güneyinde bulunan *Hypericum* cinsine ait bazı türlerin antiviral aktiviteleri üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre *H. connatum*, *H. caprifoliatum* ve *H. polyanthemum* türlerinin lentivirüslere karşı antiviral bir özellik gösterdiği belirlenmiştir (Schmitt A.C ve ark. 2001). Hosni vd. 2008, Tunus’ta yetişen *H. tomentosum* ve *H. perfoliatum* taksonlarının uçucu yağ bileşenlerini GS-MS cihazı ile analiz etmiş sonuçları değerlendirmişlerdir. Bu araştırma sonuçlarına göre *H. perfoliatum* ‘da  $\beta$ -selinen,  $\alpha$ -selinen, n-oktan, germakren-D, alloaromadendren ve  $\alpha$ -pinen bileşenlerinin oran olarak daha fazla bulunduğunu ve toplamda da 32 tane bileşen içerdiğini söylemişlerdir. *Hypericum tomentosum*’ da ise toplam 67 tane bileşen ihtiva ettiğini açıklamışlardır. Araştırmacıların

belirtmiş oldukları bu bileşenler endüstride farmakolojide ve parfüm yapımında kullanılmaktadır (Hosni vd., 2008).

*H. perforatum* epidemik bir türdür. *H. olympicum* taksonunun habitatu ise Balkanlar bölgesi ile sınırlıdır. *H. maculatum* türü ise, , Kuzey Amerika’nın dağ çayırlarında, Asya’da, Avrupa’da ve Afrika’ da yayılış göstermektedir. 1998 yılında Serbia’da toplanan bu taksonların yağ asitleri ve n-alkanları ile ilgili bir araştırma bildirilmiştir. Bu çalışma ile *H. perforatum*, *H. olympicum* ve *H. maculatum*’ un toprak üstü bölümlerinin yağ asidi bileşenleri belirlenmiştir. *H. olympicum* %28.5 ve *H. maculatum*’ da % 29.4 oranıyla en yüksek olarak Lineloik asit bulunmuştur (Stojanovic vd. 2003).

Bu çalışmada; Elazığ ve çevresinden toplanan *Hypericum* cinsine ait 3 tür uçucu yağ kompozisyonlarının belirlenmesi hedeflenerek araştırılmıştır. Çalışma örneğini oluşturan *Hypericum uniglandosum* ve *Hypericum scabroides* türleri endemik tür olduğu için önem arz etmektedir. Ayrıca kimyasalları bakımından da değerli olan bu cinsin taksonlarından elde edilecek uçucu yağ bileşenlerinin açığa çıkarılmasıyla yenilenebilir doğal kaynakların belirlenmesi konusunda da önemli veriler sağlanacaktır. Böylece bu türlere ait uçucu yağ bileşenlerinin belirlenerek bu özellikler bakımından türün kimyasal çeşitliliği açığa çıkarılmıştır. Bu çalışma ile *Hypericum* cinsinin farklı türlerinin cins içi ilişkiler bakımından değerlendirilmesi diğer çalışma dallarına bir temel oluşturması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Bitki materyali:

***Hypericum uniglandosum*:** B7 Elazığ, Keban ilçesine 8 km. kala, yamaçlar. Temmuz 2020, NT 1000

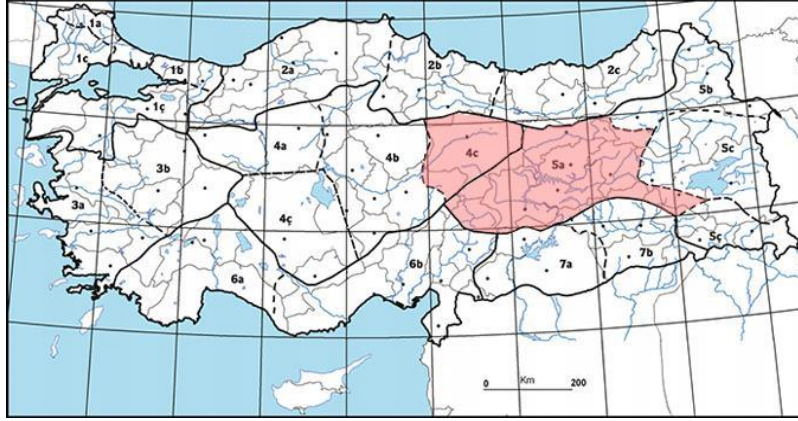
***Hypericum microcalycinum*:** B7 Elazığ, Baskil, Doğancık köyü, Bolucuk mezrası güneyi, meşelikler. Temmuz 2020, NT 1001.

***Hypericum scabroides*:** B7 Elazığ, Baskil, Kayabeyli köyünün batısı, yamaçlar. Temmuz 2020, NT 1002.

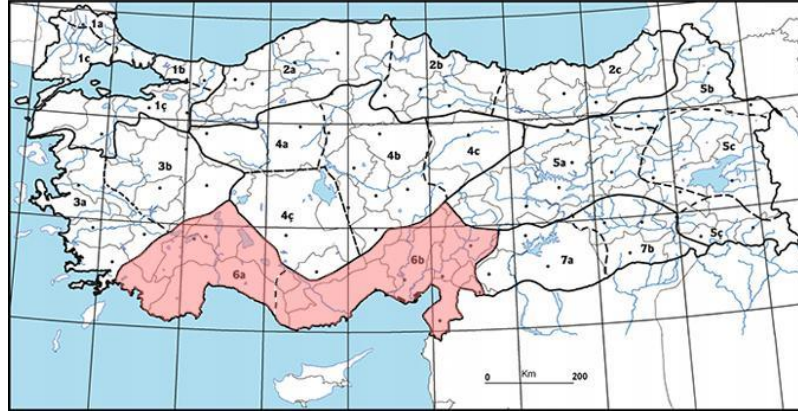
Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1066896

Bitki materyali 2019 yılında Temmuz- ağustos aylarında Elazığ ili çevresinden toplandı. Toplanan örnekler herbaryum materyali haline getirilmiş olup Munzur Üniversitesi' herbaryumlarında muhafaza

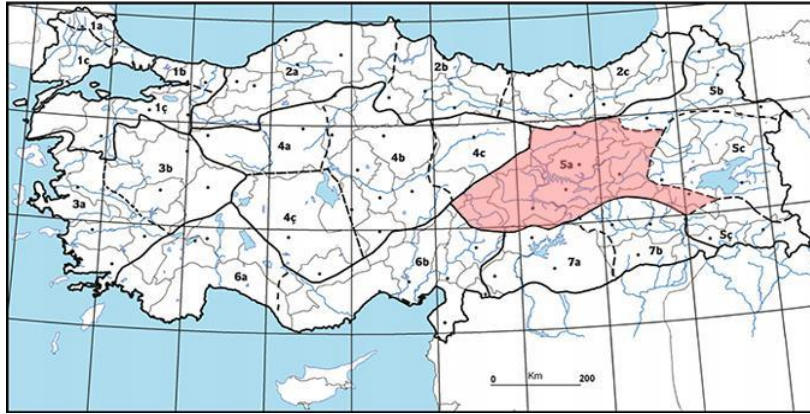
edilmektedir. Çalışma materyalini oluşturan örneklerin Türkiye genelindeki yayılış haritası şekil 1, şekil 2 ve şekil 3' te gösterildi



Şekil 1. *Hypericum uniglandosum* taksonunun yayılış alanı (4c) Yukarı Kızılırmak Bölümü, (5a) Yukarı Fırat Bölümü. (Aslan, S. (2012).



Şekil 2. *Hypericum microcalycinum* taksonunun yayılış alanı (Aslan, S. (2012).



Şekil 3. *Hypericum scabroides*: taksonunun yayılış alanı (Aslan, S. (2012)

**Uçucu Yağ İzolasyonu:** Çalışmada kullanılan *Hypericum* türlerine ait meyve örnekleri bitkinin tohum olgunlaşma döneminde toplandı. Toplanan örneklerden uçucu yağ için 50 gram öğütülmüş numune örneği üzerine 500 ml saf su ilave edilerek balon jodelere bırakılmıştır. Daha sonra üç saat boyunca Neo-clevenger cihazında uçucu yağların ekstraksiyonu sağlandı.

**Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi:** Distilasyon araştırmaları sonucuna göre belirlenen *Hypericum* cinsine ait türlerin uçucu yağlarının bileşimi Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM) tarafından GC/MS cihazında analiz edilmiştir. Buna göre; belirlenen uçucu yağların bileşenlerini belirlemek için uçucu yağlar, 1:100 oranında hazırlanan hekzan çözeltisi ile seyreltilmiştir. Uçucu yağların içeriği GC/GC-MS (Agilent 7890A)-kütle detektör (Agilent 5975C)) cihazı ile kapiler kolon (HP InnowaxCapillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılarak araştırıldı. Çalışma sırasında akış hızı 0.8 mL/dk olan helyum gazı, taşıyıcı gaz olarak kullanılmış, örnekler cihaza 1 µl akıtma hacminde 40:1 split oranı kullanılarak yerleştirilmiştir. Sabit 250°C'deki sıcaklıktaki enjektör sistemi, kolon sıcaklık programı 60°C (10 dakika), 60°C'den 220°C'ye 4°C/dakika ve 10 dakika 220°C olacak şekilde çalışılmıştır. Bu şekilde ayarlanan sıcaklık programı kullanıldığında analiz süresi toplamda 60 dakika olmuştur. Kütle dedeksiyonu için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV olarak uygulanmıştır. Uçucu yağ bileşenleri analizi WILEY ve OIL ADAMS litaratürlerinin sonuçlarına göre yapılmıştır. Tespit edilen bileşenlerin oranları FID dedektöre göre, bileşenlerin teşhisi ise MS dedektöre göre yapılmıştır. (Uysal

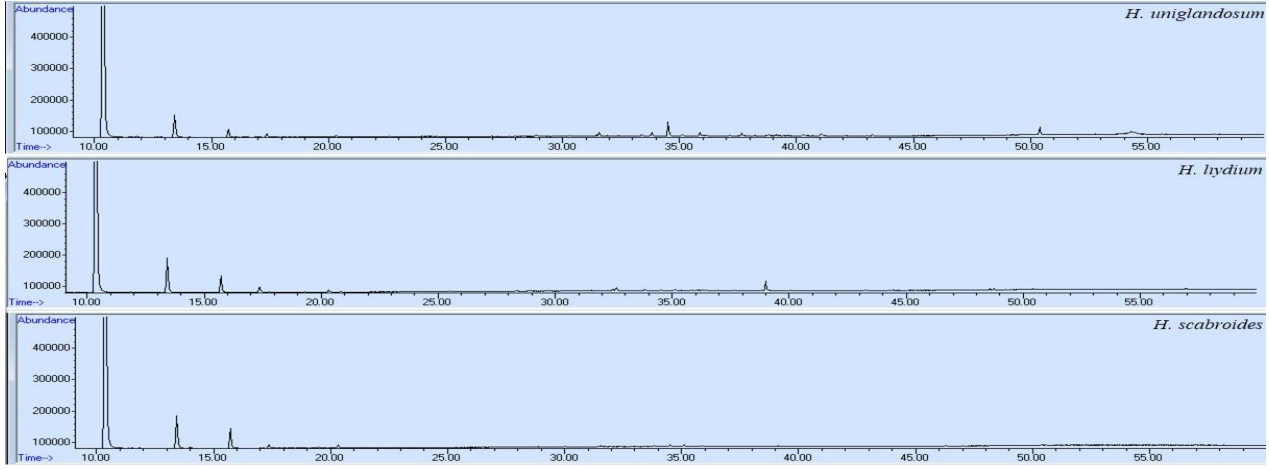
Bayar ve Çınar, 2020). Çalışılan taksonların uçucu yağ bileşenlerine ait GC/MS kromatogramları Şekil 4'te gösterilmiştir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada; Elazığ ve çevresinden yayılış gösteren ve ikisi endemik (*H. uniglandosum* ve *H. scabroides*) olan 3 farklı *Hypericum* türünün tohum olum dönemindeki meyve örneklerinden elde edilen uçucu yağların bileşenleri belirlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre bu üç farklı *Hypericum* türünde toplamda 14 farklı uçucu yağ bileşeni belirlenmiştir. Tablo 1'e göre endemik türlerden olan *H. uniglandosum* 14 bileşenden 10 tanesini içermekte olup en fazla bileşene sahip türdür. Her üç tür içinde başlıca bileşen  $\alpha$ -pinen'dir. Bu bileşenin oranı üç tür içinde birbirine yakın değerlere sahiptir. Her üç türde de başlıca bileşeni değişen oranlarda sırasıyla  $\beta$ -pinene ve  $\beta$ -myrcene takip etmiştir. Verbanol, verbenone, Trans-pinocarveol, myrtenol ve Trans-sobrerol bileşenleri sadece *H. uniglandosum* türünde belirlendi.

*H. microcalycinum* türü 14 bileşenden 7 tanesine sahiptir.  $\beta$ -caryophyllene,  $\beta$ -cedrene ve caryophyllene oxide bileşenleri sadece bu türde görülmüştür. *H. scabroides* endemik türüne bakıldığında 14 bileşenden 5 tanesini içermekte olup cymene bileşeni sadece bu türde belirlendi. *Hypericum* cinsine ait türlerin uçucu yağ bileşenleri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Baser vd. (2002), Özbekistan florasından temin edilen *H. scabrum* türünün toprak üstü kısımları kullanılarak elde edilen uçucu yağda başlıca bileşenin  $\alpha$ -pinene % 11.2 olduğu ve bunu spathulenol % 7.2, p-cymene % 6.1, acetophenone -% 4.8 carvacrol, % 4.7 bileşiklerinin takip ettiğini bildirmiştir.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1066896



Şekil 4. İncelenen türlerin uçucu yağ bileşenlerine ait GC/MS kromatogramları

Tablo 1. *H. uniglandosum*, *H. microcalycinum* ve *H. scabroides* türlerinin uçucu yağ bileşenleri

No	RI	Bileşen adı	<i>H. uniglandosum</i> (%)	<i>H. lydium</i> (%)	<i>H. scabroides</i> (%)
1	1017	$\alpha$ -pinene	90.25	91.46	91.77
2	1100	$\beta$ -pinene	3.68	5.14	4.8
3	1153	$\beta$ -myrcene	1.19	2.16	2.5
4	1191	Limonene	0.5	0.76	0.5
5	1260	Cymene	-	-	0.42
6	1567	Cis-verbenol	0.42	-	-
7	1596	$\beta$ -caryophyllene	-	0.48	-
8	1641	Trans-pinocarveol	0.49	-	-
9	1665	Trans-verbenol	1.65	-	-
10	1711	Verbenone	0.39	-	-
11	1764	$\beta$ -cedrene	-	0.92	-
12	1776	Myrtenol	0.27	-	-
13	1992	Caryophyllene oxide	-	0.57	-
14	2301	Trans-sobrerol	0.79	-	-
<b>Toplam %</b>			<b>99.63</b>	<b>100</b>	<b>99.99</b>

Babacan ve Bağcı (2017), yapmış oldukları çalışmada *H. uniglandosum* ve *H. lydium* türlerinin çiçeklenme döneminde toplanan toprak üstü materyallerden çıkarılan uçucu yağlarında toplamda 56 farklı bileşen olduğunu ve başlıca bileşenin ise  $\alpha$ -pinene olduğunu bildirmiştir. En yüksek  $\alpha$ -pinene oranını ise %58 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada bileşen sayısının az olmasına rağmen toplam 14 farklı bileşen %99.63 ile %100 oranında bileşenleri içermektedir. Ayrıca başlıca bileşen oranı Babacan and Bağcı (2017)'da *H. uniglandosum* türünde %35.1, *H. lydium* türünde %58 olarak belirlenirken,

bu çalışmada *H. uniglandosum* türünde %90.25, *H. lydium* türünde %91.46 olarak olarak çok daha yüksek bir oranda belirlenmiştir. Buda göstermektedir ki bitkilerde farklı dönemlerde ve farklı kısımlarında uçucu yağ bileşenleri ve bunların oranları değişiklik gösterebilmektedir. Bitki örnekleri farklı lokalitelerden farklı zamanlarda toplandığı için bileşenler ve oranları farklı olarak bulunmuştur.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1066896

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

### ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

### KAYNAKLAR


- Aslan, S. (2012). *Hypericum*. Şu sitede: Bizim bitkiler (2013). <<http://www.bizimbitkiler.org.tr>>, [er.tar.: 05 04 2022].
- Babacan Yüce, E. ve Bağcı, E. (2017). Essential oil composition of *Hypericum uniglandulosum* Hausskn. ex Bornm. and *Hypericum lydiium* Boiss. from Turkey. International Journal of Nature and Life Sciences, 1(1), 12-16.
- Baser, K. H. C., Ozek, T., Nuriddinov, H. R. ve Demirci, A. B. (2002). Essential oils of two *Hypericum* species from Uzbekistan. Chemistry of Natural Compounds, 38(1), 54-57.
- Başer, K.H.C., Demirci, B., Nirimer, N., Satil, F. ve Tümen G. (2002). Flavour and Fragrance Journal, 17, 41- 45.
- Baytop, T., 1983. Therapy with Medicinal Plants in Turkey, pp.197, Istanbul University Press, Istanbul.
- Davis, P. H., Mill, R.R. ve Tan, K., (1967) Flora Of Turkey and The East Aegean Island, 2.cilt s:355.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. ve Başer, K.H.C. (2000). Flora of Turkey and The East Aegean.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M. (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler).
- Hosni K., Msaada K., Taarit M.B., Ouchikha O., Kallel M. ve Marzouk B., (2008). Essential oil composition of *Hypericum perforatum* L. and *Hypericum tomentosum* L. growing wild in Tunisia. Industrial Crops and Products, 27, 308–314.
- Kitanov, G.M. (2001). Hypericin and pseudohypericin in some *Hypericum* L. species. Biochem. Syst. Ecol., 29, 171-178.
- Nogueira, T., Marcelo-Curto, M.J., Cristina Figueiredo, A., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Rubiolo, P. ve Bicchi, C. (2007). Chemotaxonomy of *Hypericum* genus from Portugal: Geographical distribution and essential oils composition of *Hypericum, perforatum*, *Hypericum humifusum*, *Hypericum linarifolium* and *Hypericum pulchrum*. 36, 40-50.
- Robson, N. K. B. (2001). Studies in the genus *Hypericum* L. (Guttiferae) 4(1). Sections 7. Roscyna to 9. *Hypericum* sensu lato (part 1). Bull. Nat. Hist. Mus. London, Bot., 31(2), 37– 88.
- Robson, N.K.B. (2010). About this volume= the monograph of *Hypericum* by Norman Robson Phytotaxa, Editorial 4, 1-4.

- Schmitt, A.C., Ravazzolo, A.P. ve Von Poser G.L. (2001). Investigation of some *Hypericum* species native to Southern of Brazil for antiviral activity. Journal of Ethnopharmacology, 77, 239-245.
- Schwob, I., Bessiere, J. M. and Viano, J. (2002). Composition of the essential oils of *Hypericum perforatum* L. from southeastern France. Comptes Rendus Biologies., 325(7), 781-785.
- Stojanovic, G., Palic, R., Tarr, C.H., Reddy, C.M. ve Marinkovic, O. (2003). n- alkanes and fatty acids of *Hypericum perforatum* and *Hypericum olypicum*. Biochemical Systematics and Ecology, 31, 223-226.
- Uysal Bayar, F and Çınar, O. (2020). Yield and quality parameters of some cultivated *Origanum* spp. species. Derim, 37(1), 10-17.

## Siirt Koçpınar Karışık Tip Kil ile Ni (II) İyon Adsorpsiyonu İçin Pseudo-İkinci Kinetik Derece Modelinden Elde Edilen Lineerleştirilmiş 6 Tip Denklem ile Deneysel Verilerle Kinetik Model Doğrulaması

**Nilgün Onursal**

Siirt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Siirt, Türkiye

nilgun.onursal@gmail.com 

Makale gönderme tarihi: 11.05.2022, Makale kabul tarihi: 15.08.2022

### Öz

Bu çalışmadaki temel amaç Ni (II) iyonlarını sulu çözeltilerden uzaklaştırmaktır. Bunun için adsorplayıcı olarak karışık tip kil kullanılmıştır. Kilin karakterizasyonunu belirlemek için, SEM, XRD ve XRF analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar, kilin karışık tipte olduğunu göstermiştir. Siirt ili Koçpınar bölgesinden alınan kilin yapılan SEM analizinde; doğal kilin genelde küresel şekilli ve amorf yapıda olduğu ve Ni(II) ile muamele edilen kilin dağınık morfolojiye sahip olduğu görülmüştür. Kullanılan kilin analiz sonuçlarına göre; Muskovit: %32, Plajiolklaz: %15, Kalsit: %15, Kuvars: %9, kil mineralleri: %29 oranında olduğu, detay kil analizinde ise; kil mineralinin bileşenleri: illit: %17, klorit: %62, montmorillonit: %21 oranında olduğu tespit edilmiştir. XRF analiz sonuçları literatüre yakın olmakla beraber, kil karışık tipte olduğu için mineral oranlarında kaymalar gözlenmiştir. CaO oranının yüksek olması SiO<sub>2</sub> oranını düşürmüştür.

Yalancı-ikinci dereceli (pseudo-second order) kinetik model, adsorplayıcı ve adsorplanan madde arasındaki adsorpsiyon mekanizmasını açıklamak için, yaygın olarak kinetik çalışmalardan elde edilen verilere uygulanmaktadır.

Bu çalışmada 298 K sıcaklığında yapılan deneyden elde edilen veriler, yalancı – ikinci dereceli kinetik modelinin 6 lineer tipine uygulanmıştır. Bu veriler ışığında grafikler oluşturularak, R<sup>2</sup>, K<sub>2</sub> ve q<sub>e</sub> değerleri hesaplanmıştır. Modele uyum sırasının Tip 2 = Tip 5 < Tip 3 = Tip 5 < Tip 1 < Tip 6 şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Tip 6, R<sup>2</sup> = 0.9985 değeri ile en yüksek uyumu göstermiştir. q<sub>e</sub> değerleri ise; Tip 1 < Tip 2 < Tip 5 < Tip 3 = Tip 6 < Tip 4 şeklindedir. q<sub>e</sub> değerleri sıralandığında, tip 4'e ait q<sub>e</sub> değerinin 13.463 gm<sup>-1</sup> ile en yüksek kapasiteye sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorpsiyon, kil, kinetik, lineer denklem, yalancı-ikinci dereceli

## Kinetic Model Validation With Experimental Data by Linearized 6 Types Equation Derived From Pseudo-Second Kinetic Order Model For Ni (II) İon Adsorption by Siirt Koçpınar Mixed Type Clay

### Abstract

The primary purpose of this study is to remove Ni (II) ions from aqueous solutions. Thus, mixed-type clay was used as an adsorbent. SEM, XRD, and XRF analyzes were performed to determine the characterization of the clay. The results obtained from these analyzes showed that the clay was of mixed type. In the SEM analysis of the clay taken from the Koçpınar region of Siirt; It has been observed that natural clay is generally spherical in shape and amorphous in structure, and clay treated with Ni(II) has diffuse morphology. According to the analysis results of the clay used; Muscovite: 32%, Plagioclase: 15%, Calcite: 15%, Quartz: 9%, clay minerals: 29%. Components of clay mineral: Illite: 17%, chlorite: 62%, montmorillonite: 21%. Although XRF analysis results are close to the literature, shifts were observed in mineral ratios because the clay was of mixed type. The high CaO ratio has dropped the SiO<sub>2</sub> ratio.

The pseudo-second-order kinetic model is commonly applied to data from kinetic studies to explain the adsorption mechanism between the adsorbent and the adsorbed substance. In this study, the data obtained from the experiment at 298 K temperature were applied to 6 linear types of the pseudo-second-order kinetic model. R<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>, and q<sub>e</sub> values were calculated by plotting graphs in the light of these data. The order of fit with the model was determined as Type 2 = Type 5 < Type 3 = Type 5 < Type 1 < Type 6. Type 6 showed the highest fit with R<sup>2</sup> = 0.9985. q<sub>e</sub> values are; Type 1 < Type 2 <

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1115512

Type 5 < Type 3 = Type 6 < Type4. When the  $q_e$  values are listed, it is seen that the  $q_e$  value of type 4 has the highest capacity with 13.463  $\text{mg}^{-1}$ .

**Keywords:** Adsorption, clay, kinetics, linear equation, pseudo-second-order

## GİRİŞ

Nüfus artışı tüm dünyada sanayinin ve teknolojinin gelişigüzel kullanılmasına bağlı olarak sınırsızca üretilen ürünler beraberinde yığınla sorun getirmektedir (EPA, 2004). Artan nüfusa bağlı olarak teknoloji ve sanayi, beraberinde ağır metal kullanımını neredeyse sınırsız bir şekilde arttırmakta ve buna bağlı olarak çevre sorunları, içinden çıkılmaz hale gelmektedir. (Dal, 2021)

Günümüzde atık sorunu uluslararası boyutta önem kazanmış en temel sorunlardan biri haline gelmiştir. İnsanları bu konuda araştırmaya ve çözüm bulmaya yöneltmiştir. Sanayi ve endüstriyel atıklar doğaya salındıklarında doğayı kirletmekle kalmayıp, besin zinciri aracılığı ile yaşamlarını sürdürmek isteyen tüm canlıları tehdit etmektedir (Sales, 2019). Bu temel sorunu çözmek için birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan biri de atık sularda bulunan ağır metallerin adsorpsiyon yöntemiyle giderimidir (Onursal, 2019).

Adsorpsiyon yüzeyde veya ara kesitte derişimin artması yani, maddenin birikmesidir. Adsorpsiyonun tercih edilme nedeni, kolay uygulanabilirliği ve maliyetinin düşük olmasıdır. Buna bağlı olarak kullanılan adsorplananın kolay temin edilmesi, bol miktarda bulunması ve uygun yüzey özelliklerine sahip olması gerekir. (Kul, 2021)

Bu çalışmada adsorplayıcı olarak kil kullanıldı. Türkiye’de killer toprak çeşitliliği açısından oldukça zengindir. Kil terimi hem kayaç anlamına gelmekte hem de tanecik boyutu 4 mikrondan daha az olan anlamına gelmektedir (Darweesh, 2016).

Ağır metal gideriminde pek çok biyosorbent (Altunkaynak, 2021) kullanılmasının yanısıra en çok tercih edilen adsorplayıcılardan biri de killerdir. Yüzey alanı geniş olan adsorplayıcılar daha çok tercih edilmektedir (Largitte, 2016). Kolay elde edilebilen, doğada oldukça fazla bulunan ve düşük maliyetli olan killer yüzey özellikleri bakımından da uygundur. Adsorpsiyon olayında kullanılan adsorplayıcılar

genellikle doğal halleriyle kullanılmaktadırlar. Bazı durumlarda da yüzey özellikleri değiştirilerek kullanılmaktadırlar.

Adsorpsiyonun oluşum mekanizmasını anlamak için birçok kinetik model mevcuttur. Bunların içerisinde en kullanışlı kinetik model yalancı-ikinci dereceli kinetik modelidir (Atalar, 2021), (Üner, 2021).

Literatürde yalancı-ikinci dereceli kinetik modelinin doğrusalştırılmış 4 (Ho, 2006), 5 (Adnan, 2016) ve 6 (Onursal, 2021) modeli kıyaslanarak karşılaştırılmakta ve en küçük kare yöntemi aracılığıyla regresyon analizi yapılarak en uygun kinetik model bulunmaktadır (Aljeboree, 2017).

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada adsorplayıcı olarak kullanılan kil, Siirt ili Koçpınar beldesinden elde edilmiştir. Taşlaşmış kil Mertes marka LB-100 model çeneli kırıcıda kırılıp öğütülmüştür. Sonrasında (-100+120), (-120+140), (-140+170), (-170+200) ve (-200) mesh gözenek boyutundaki eleklerde elenmiştir. Elde edilen kil 110 °C de 24 saat süreyle Memmert UN55 model etüvde kurutulup, desikatörde soğutulmuştur.

XRD analizleri, Bruker (D8 Discover) model cihazda, SEM analizleri, Quanta FEG 250 model cihaz ile, XRF analizleri, Thermo ARL marka cihazı ile yapılmıştır. Deneyler Memmert marka WNB 14 model ısıtıcılı ve çalkalayıcılı su banyosunda yapılmıştır. Deneyler 298 K çalışma sıcaklığında ve dakikada 140 vuruş hızında gerçekleştirilmiştir. Nikel çözeltileri için Merck marka  $\text{NiN}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  kimyasal maddesi kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki adsorpsiyon deneyi için kullanılan adsorplayıcı, Siirt/Koçpınardan elde edilen karışık tipli kildir. Deneyde 0.1’er g’lık kilin üzerine 25 ml’lik Ni(II) çözeltisi bırakıldı. Yapılan deneysel çalışmada, Ni (II) iyonlarının doğal kilin

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1115512

adsorpsiyonu üzerindeki süre parametresinin etkisi incelenmiştir. Deney, zamanı gelen çözeltinin, filtrelenip adsorplayıcıdan ayrılması suretiyle sonlandırılmıştır. Çözeltilerin derişimleri ( $C_i$ ) UNICAM 920 model atomik absorpsiyon cihazı (A.A.S.) ile ölçülmüştür.  $q_t$  miktarları eşitlik 1'deki gibi yapılmıştır:

$$q_t = \frac{(C_i - C_t)V}{m \cdot 1000} \quad (1)$$

Burada;

$q_t$ ; t anındaki adsorban maddenin miktarını ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )

$C_i$ ; Adsorplananın başlangıç derişimini ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$C_t$ ; Adsorplananın anlık derişimini ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

V; Çözeltinin hacmini (L)

m; Adsorplayıcının kütlesini (g) ifade etmektedir.

Buradan elde edilen  $q_t$  değerleri,  $H_0$  tarafından

geliştirilen yalancı-ikinci dereceli modele uygulandı.

Model eşitlik 2'deki gibi ifade edilir; ( $H_0$ , 1999)

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2 (q_e - q_t)^2 \quad (2)$$

Bu denklemde bulunan t (min) zamandaki adsorpsiyon miktarını,  $K_2$  ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dk}^{-1}$ ), yalancı-ikinci dereceli hız sabitini,  $q_e$  ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ), denge anındaki adsorpsiyon kapasitesini ifade etmektedir (Yavuz, 2007) (Onursal N. D., 2019)

Denklem 1'deki sınır koşulları  $q_e = q_t$  olmak şartı ile ve  $t=0$  dan,  $t=t$  ye kadar ve denklem baştan düzenlenirse lineer olmayan eşitlik (3) yazılabilir.

$$q_t = \frac{K_2 q_e^2 t}{1 + K_2 q_e t} \quad (3)$$

Eşitlik (3) yeniden düzenlendiğinde aşağıdaki 6 tip doğrusal denklem elde edilmektedir. (Onursal, 2021). Bunlar;

Tip 1: yalancı- ikinci dereceli kinetik model;

$$\frac{1}{q_e - q_t} = \frac{1}{q_e} + K_2 \quad (4)$$

Tip 2: yalancı- ikinci dereceli kinetik model;

$$\frac{1}{q_t} = \frac{1}{q_e} + \frac{1}{K_2 q_e^2 t} \quad (5)$$

Tip 3: yalancı- ikinci dereceli kinetik model;

$$q_t = q_e - \frac{1}{K_2 q_e t} \quad (6)$$

Tip 4: yalancı- ikinci dereceli kinetik model;

$$\frac{q_t}{t} = K_2 q_e^2 - K_2 q_e q_t \quad (7)$$

Tip 5: yalancı- ikinci dereceli kinetik model;

$$\frac{1}{t} = -K_2 q_e + K_2 q_e^2 \frac{1}{q_t} \quad (8)$$

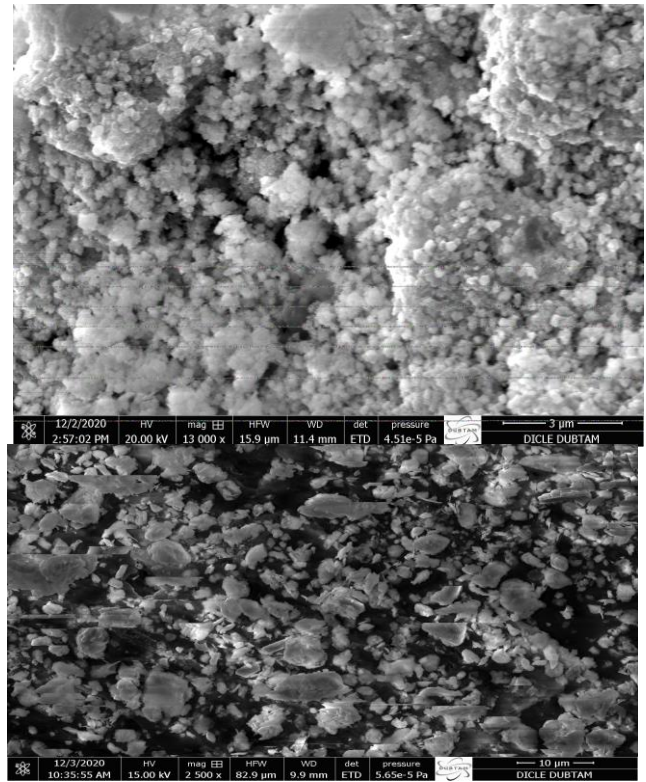
Tip 6: yalancı- ikinci dereceli kinetik model;

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (9)$$

## TARTIŞMA VE SONUÇ

### SEM Analizi

Şekil 1.a'da normal ve Şekil 1.b'de Ni(II) ile işlem görmüş kilin SEM görüntüsü verilmiştir. Bu görüntüye göre doğal kilin genelde küresel şekilli ve amorf yapıda, Ni(II) ile muamele edilen kilin de dağınık morfolojiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 1. (a) Doğal ve (b) Ni(II) ile muamele edilmiş kilin SEM görüntüleri



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1115512

SEM analizine ait EDS verileri Tablo 1. de verilmiştir.

**Tablo 1.** SEM -EDS verileri

Element	Weight %	Net Int.	Atomic %	Error %
Si-14-SSerseries	12.99	12.45	8.66	0.6
Al -13 K	8.33	7.98	5.78	0.4
Fe-26K	7.38	7.07	2.47	0.2
Ca-20K	5.94	5.69	2.77	0.2
C-6K	3.48	3.33	5.42	0.7
Mg-12K	2.54	2.44	1.96	0.2
K-19K	1.49	1.42	0.71	0.1
Ni-28K	0.68	0.65	0.22	0.1
Na-11K	0.18	0.17	0.14	0.0
O-8K	61.37	58.81	71.85	6.9

### Kil Difragtrogramı (XRD Analizi)

Çalışmada kullanılan kilin XRD analizleri yaptırıldı. Doğal kilin difraktogramı şekil 2. de verilmiştir. Kullanılan kilin analiz sonuçlarına göre;

Muskovit: %32, Plajiolaz: %15, Kalsit: %15, Kuvars: %9, kil mineralleri: %29 oranındadır. Detay kil analizinde, kil mineralinin bileşenleri: illit: %17, klorit: %62, montmorillonit: %21 oranındadır.

Adsorpsiyon deneyinden sonra, kildeki nikel varlığını tespit etmek için tekrar XRD analizi yapılmıştır. Bu analize ait XRD grafiği şekil 3'te verilmiştir. Ni (II) ile muamele edilen kilin XRD grafiği incelendiğinde Ni (II)'nin varlığı, grafiğin en sonunda, 7.45 keV 'de verdiği pik ile belirlenmiştir.

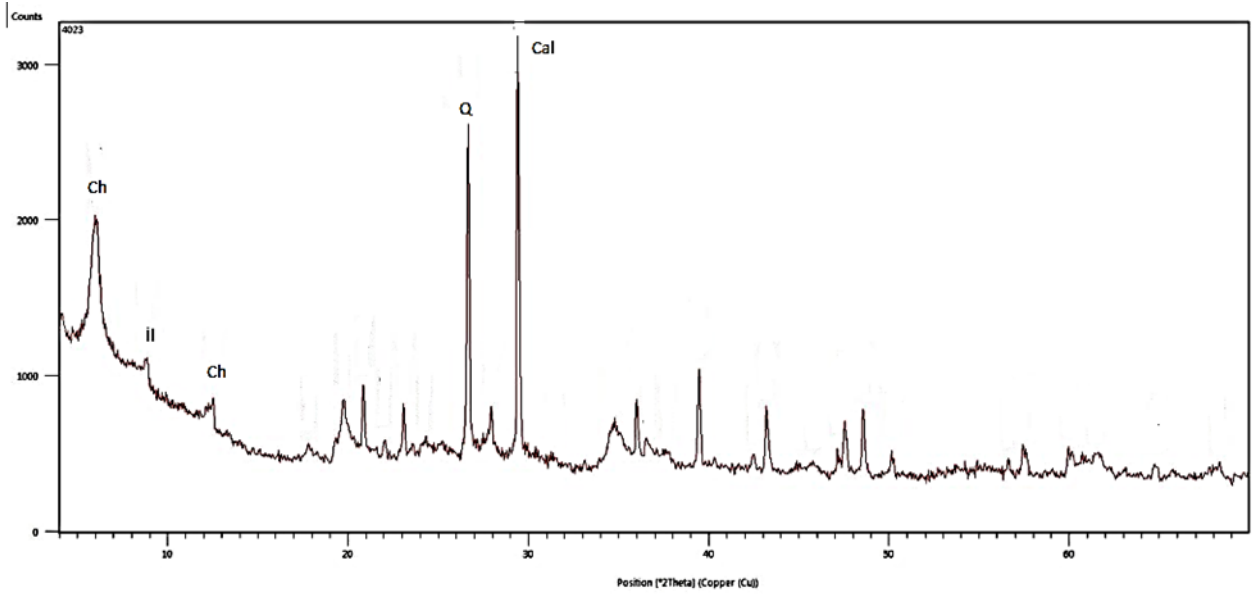
### XRF Analizi

X-Ray Diffraction (XRF) analizi kilin kimyasal bileşimini yüzde cinsinden tespit etmek için yapılmıştır. XRF analiz sonuçları literatüre (Hegazy, 2012) yakın olmakla beraber, kil karışık tipte olduğu için mineral oranlarında kaymalar gözlenmiştir. Örneğin; CaO oranının yüksek olması SiO<sub>2</sub> oranını düşürmüştür. Karışık tipteki kilin XRF ile yapılan kimyasal analiz sonucu Tablo 2' de verilmiştir.

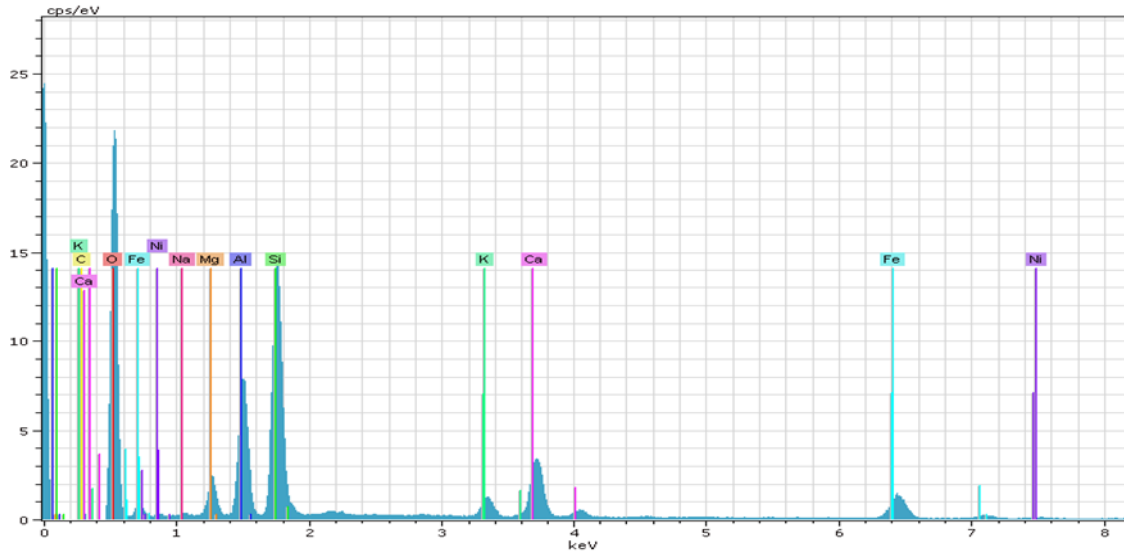
**Tablo 2.** Kilin XRF kimyasal analiz sonucu

Örnek Adı	Kimyasal Bileşim %										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	KK
Kil	56,0	11,3	9,8	5,8	2,1	1,2	3,1	0,1	0,1	0,8	9,50

**KK:** 1000 °C deki kütle kaybı



Şekil 2. Kilin XRD difraktogramı İl: İllit, Q: Kuartz, Ch: klorit, ve Cal: Kalsit



Şekil 3. Ni(II) ile muamele edilen kilin XRD grafiği

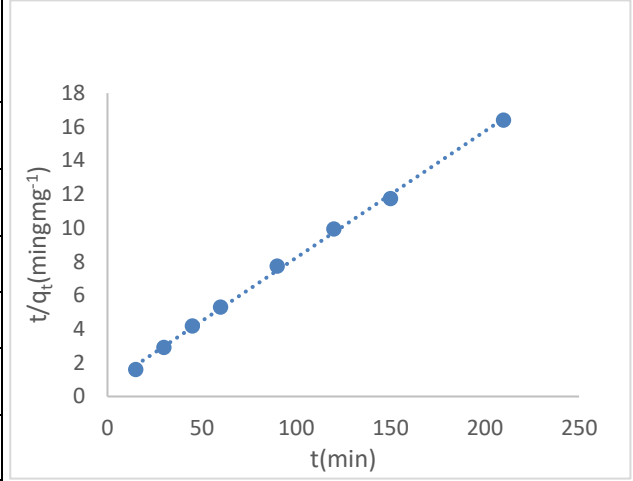
### Adsorpsiyon Deneyleri Sonuçları

Yapılan deneysel çalışmada Ni(II) çözeltisinin 298 K sıcaklığında Siirt/Koçpınar karışık tip kili ile adsorpsiyon kinetiğinden elde edilen veriler Yalancı-

ikinci dereceli denkleminin 6 farklı tipli olan doğrusallaştırılmış tiplerine uygulandı. Oluşturulan grafiklere ait eksenler ve denklemler Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Yalancı-ikinci dereceli kinetik modelin altı lineer tipine ait eksen ve denklemler

Lineer Tip	Eksenler		Denklemler
	Y	X	
Tip 1	$\frac{1}{q_e - q_t}$	$t$	$Y=0.0058x+0.1025$
Tip 2	$\frac{1}{q_t}$	$\frac{1}{t}$	$Y=0.4481x+0.0792$
Tip 3	$q_t$	$\frac{q_t}{t}$	$Y=-9.7495x+13.315$
Tip 4	$\frac{q_t}{t}$	$q_t$	$Y=-0.0933x+1.2561$
Tip 5	$\frac{1}{t}$	$\frac{1}{q_t}$	$Y=2.0246x - 0.1585$
Tip 6	$\frac{t}{q_t}$	$t$	$Y=0.0751x+0.724$



**Şekil 4.** Yalancı-ikinci dereceli kinetik modele ait Tip 6 grafiği

Şekil 4'te yalancı - ikinci dereceli kinetik modele en çok uyan lineer tip olan tip 6 eşitliğine ait grafik

görülmektedir. Lineer grafiklere ait  $k_2$ ,  $q_e$ ,  $R^2$  değerleri Tablo 4' te verilmiştir (Huang, 2018).

**Tablo 4.** Yalancı-ikinci dereceli kinetik modelin altı lineer tipine ait parametreler

Lineer Tip	$k_2$	$q_e$	$R^2$
Tip 1	0.0058	9.756	0.9112
Tip 2	355.671	12.626	0.9071
Tip 3	129.814	13.315	0.9098
Tip 4	0.0069	13.463	0.9098
Tip 5	0.0124	12.773	0.9071
Tip 6	$7.79 \cdot 10^{-5}$	13.315	0.9985

$R^2$  değerleri karşılaştırıldığında yalancı-ikinci dereceli kinetik modele en iyi uyum sağlayan doğrusal model tip 6'ya ait olduğu açıkça görülmektedir. Modeller uyum sırasına göre şöyle sıralanabilir: Tip 2 = Tip 5 < Tip 3 = Tip 5 < Tip 1 < Tip 6.  $q_e$  değerleri şöyle sıralanabilir: Tip 1 < Tip 2 < Tip 5 < Tip 3 = Tip 6 < Tip 4.

$q_e$  değerleri sıralandığında, tip 4'e ait  $q_e$  değerinin  $13.463 \text{ mgg}^{-1}$  ile en yüksek kapasiteye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 5'te bu çalışmada elde edilen adsorpsiyon kapasitesi, literatürdeki diğer killer ile kıyaslanmıştır:

**Tablo 5.** Farklı adsorplayıcılarına adsorpsiyon kapasiteleri (Khalifa and Bagane, 2011)

Adsorplayıcı	Adsorpsiyon kapasitesi(mgg <sup>-1</sup> )
Kaolin	9.90
ZrO -Kaolin	9.70
TBA- Kaolin	9.80
Montmorillonit	32.70
ZrO - Montmorillonit	27.70
TBA-Montmorillonit	30.00
Asit ile aktive edilmiş kaolin	11.40
Asit ile aktive edilmiş montmorillonit	33.20
Doğal kil	21.93
Aktive edilmiş kil	26.74
Bu çalışma	13.49

Farklı killere ait adsorpsiyon kapasitelerinin değerlerinin farklı olma nedenleri adsorplayıcının cinsi (yüzey alanı, gözenek sayısı ve hacmi, aktif bölgelerin çokluğu vb.) adsorplanan maddenin cinsi (pozitif, negatif veya nötr olması, yükseltgenme basamağı) ve bu iki madde arasındaki afinite, çalışma sıcaklığı, çalkalayıcı hızı, ortamdaki diğer maddelerin interferansı ve kullanılan adsorpsiyon modelinin türü gibi pek çok faktör adsorplayıcı kapasitesi üzerinde etkili olabilmektedir.

## SONUÇLAR

Siirt ili Koçpınar bölgesinden alınan kilin yapılan SEM analizinde; doğal kilin genelde küresel şekilli ve amorf yapıda olduğu ve Ni (II) ile muamele edilen kilin dağınık morfolojiye sahip olduğu görülmüştür. Kullanılan kilin analiz sonuçlarına göre; Muskovit: %32, Plajiolaz: %15, Kalsit: %15, Kuvars: %9, kil mineralleri: %29 oranında olduğu, detay kil analizinde ise; kil mineralinin bileşenleri: illit: % 17, klorit: %62, montmorillonit: %21 oranında olduğu tespit edilmiştir. XRF analiz sonuçları literatüre yakın olmakla beraber, kil karışık tipte olduğu için mineral oranlarında kaymalar gözlenmiştir. CaO oranının yüksek olması SiO<sub>2</sub> oranını düşürmüştür.

Yalancı-ikinci dereceli kinetik modele ait altı lineer denkleme deneysel verilerin uygulanması sonucu oluşturulan grafiklerden  $k_2$ ,  $q_e$  ve  $R^2$  gibi parametreler elde edilmiştir.

Modele en uygun olan versiyonun bulunması amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Regresyonu elde etmek için en küçük kareler yöntemi olan ( $R^2$ ) uygulanmıştır.

$R^2$  değerleri karşılaştırıldığında yalancı-ikinci dereceli kinetik modele en iyi uyum sağlayan doğrusal modelin, tip 6'ya ait olduğu açıkça görülmüştür. Modeller uyum açısından sıralandığında; Tip 2 = Tip 5 < Tip 3 = Tip 5 < Tip 1 < Tip 6. şeklinde yazılabilir. Tip 6,  $R^2 = 0.9985$  değeri ile en yüksek uyumu göstermiştir

$q_e$  değerleri şöyle sıralanabilir: Tip 1 < Tip 2 < Tip 5 < Tip 3 = Tip 6 < Tip 4. Tip 4'e ait  $q_e$  değerinin 13.463  $gmg^{-1}$  ile en yüksek kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Adnan, F. and Thanasupsin, S. P. (2016). Kinetic studies using a linear regression analysis for a sorption phenomenon of 17 $\alpha$ -methyltestosterone by *Salvinia cucullata* in an active plant reactor. *Environmental Engineering Research*, 21(4), 384-392.
- Aljeboree, A. M., Alshirifi, A. N. and Alkaim, A. F. (2017). *Arabian journal of chemistry*, 10, S3381-S3393.
- Altunkaynak, Y., Canpolat, M. and Yavuz, Ö. (2022). Adsorption of cobalt (II) ions from aqueous solution using orange peel waste: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 19(6), 2437-2448.
- Atalar, M. N., Baran, A., Hatipoğlu, A., Firat Baran, M., Yavuz, Ö., Aktepe, N. and Keskin, C. (2021). The Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized


Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1115512

- From Prunus spinosa Fruit and Determination of Antimicrobial Effects on Some Food Pathogens. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (32), 298-305.
- Dal, M. C., Onursal, N., Yavuz, E. A. and Yavuz, Ö. Y. (2021). Diyarbakır Karacadağ Kırmızı Tepe Skoryası ile Cu (II) Adsorpsiyon Kinetiğinin İncelenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 12(2), 337-346.
- Darweesh, H. H. M. (2016). Ceramic wall and floor tiles containing local waste of cement kiln dust—part II: dry and firing shrinkage as well as mechanical properties. Am J Civ Eng Archit, 4(2), 44-49.
- EPA, U. (2004). Primer for municipal wastewater treatment systems. OoW Management.
- Huang, Y.T. (2018). C.-C. A Study On The Pseudo-Second-Order Kinetic Equation For The Adsorption Of Methylene Blue Onto Nitric Acid-Treated Rice Husk Comparison Of Linear Methods. International Journal Of Scientific And Research Publications, 509-515.
- Kul, A. R., Aldemir, A. and Koyuncu, H. (2021). An investigation of natural and modified diatomite performance for adsorption of Basic Blue 41: isotherm, kinetic, and thermodynamic studies. Desalination and Water Treatment.
- Largitte, L. and Pasquier, R. (2016). A review of the kinetics adsorption models and their application to the adsorption of lead by an activated carbon. Chemical Engineering Research and Design, 109, 495-504.
- L. Khalfa and M. Bagane. (2011) "Cadmium Removal from Aqueous Solution by a Tunisian Smectitic Natural and Activated Clay: Thermodynamic Study," Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences, Vol.1, No. 4, 2011, pp. 65-71. doi: 10.4236/jeas.2011.14009.
- Onursal, N., Kul, A. and Yavuz, Ö. (2019). Pb (II) İyonlarının Aktive Edilmiş Karışık Tipteki Kil İle Sudan Uzaklaştırılması İzoterm Kinetik ve Termodinamik Parametrelerin İncelenmesi. Euroasia of Mathematics Engineering Natural & Medical Sciences, 6(7).
- Onursal, N., Dal, M., Kul, A. and Yavuz, Ö. (2019). Cu (II) İyonlarının Doğal Karışık Tipteki Kil ile Sulu ortamdan Uzaklaştırılması, İzoterm, Kinetik ve Termodinamik Parametrelerin İncelenmesi. Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences, 7(9), 58-103.
- Sales, F. R. P., Serra, R. B. G., Figueirêdo, G. J. A. D., Hora, P. H. A. D. and Sousa, A. C. D. (2019). Wastewater treatment using adsorption process in column for agricultural purposes. Revista Ambiente & Água, 14.
- Üner, O. (2021). Acid Blue 80 Removal from Aqueous Solution by Activated Carbon Obtained from Nerium Oleander Fruits. International Journal of Pure and Applied Sciences, 7(1), 86-99.
- Yavuz, Ö., Guzel, R., Aydın, F., Tegin, I. and Ziyadanogullari, R. (2007). Removal of Cadmium and Lead from Aqueous Solution by Calcite. Polish journal of environmental studies, 16(3).

## ***Pseudomonas putida* ile Üretilmiş Biyojenik Mangan Oksit Kullanarak Remazol Brilliant Blue R Giderimi**

**Özlem Tepe**

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

otepe@firat.edu.tr 

Makale gönderme tarihi: 16.05.2022 Makale kabul tarihi: 03.08.2022

### **Öz**

Sentetik boya varlığından kaynaklanan su kirliliği, dünyanın en önemli çevresel sorunlarından biridir. Remazol Brilliant Blue R (RBBR), tekstil endüstrisi atıksularından salınan ve suda ciddi kirliliğe neden olan oldukça toksik boyalardan biridir. Bu çalışmada, *Pseudomonas putida* ile üretilmiş biyojenik mangan oksit (BMO) ile RBBR'nin giderimi incelenmiştir. RBBR'nin BMO ile giderimi, çeşitli çözelti pH'ı, BMO dozajı, başlangıç RBBR konsantrasyonu ve sıcaklık koşulları altında kesikli modda incelenmiştir. pH denemeleri optimum pH'ın 3 olduğunu, sıcaklık denemeleri ise adsorpsiyon prosesinin ekzotermik olduğunu ortaya koymuştur. 30 °C'de, pH 3'te, 0.5 g L<sup>-1</sup> BMO dozajında ve 200 mg L<sup>-1</sup> RBBR konsantrasyonunda 60 dakikalık denge süresi sonunda maksimum adsorpsiyon kapasitesi 155.7 mg g<sup>-1</sup>'dir. RBBR giderimi sabit yataklı kolon reaktörde de incelenmiş ve besleme akış hızının etkisi araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, BMO'in su ortamından tehlikeli boyaları uzaklaştırma potansiyeline sahip olduğunu göstermekte ve aynı zamanda BMO'in gelecekteki uygulamaları için de bilimsel bir temel sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorpsiyon, biyojenik mangan oksit, boya giderimi

## **Removal of Remazol Brilliant Blue R using Biogenic Manganese Oxide Produced by *Pseudomonas putida***

### **Abstract**

Water contamination caused by the presence of synthetic dyes is one of the world's major environmental concerns. Remazol Brilliant Blue R (RBBR) is one of the highly toxic dyes released from textile industry wastewater and causes serious pollution in water. In this study, the removal of RBBR by biogenic manganese oxide (BMO) produced by *Pseudomonas putida* was investigated. The removal of RBBR by BMO was investigated in batch mode under various solution pH, BMO dosage, initial RBBR concentration and temperature conditions. The pH trials revealed that the optimum pH was 3, and the temperature trials revealed that the adsorption process was exothermic. At 30 °C, pH 3, a dosage of 0.5 g L<sup>-1</sup> BMO and 200 mg L<sup>-1</sup> RBBR concentration, the maximum adsorption capacity is 155.7 mg g<sup>-1</sup> after 60 minutes of equilibrium time. RBBR removal was also investigated in a fixed bed column reactor and the effect of feed flow rate was investigated. These findings demonstrate that BMO has the potential to remove hazardous dyes from the aquatic environment and also provide a scientific basis for future applications of BMO.

**Keywords:** Adsorption, biogenic manganese oxide, dye removal

### **GİRİŞ**

Büyük miktarda boya kalıntısı içeren tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksular, su kirliliğinin birincil kaynağı olarak kabul edilmektedir. Toksik, mutajenik ve kanserojen yapıları nedeniyle, su kütlelerinde düşük konsantrasyonlarda bile boya varlığı insan sağlığı ve su yaşamı için son derece tehlikelidir (Amar ve diğ. 2022). Remazol Brilliant Blue R (RBBR) boya, polisiklik aromatik hidrokarbona benzeyen antrakinon bazlı bir boyadır.

Başlıca toksik, kanserojen ve kalıcı organo kirleticilerden biridir. Bir kromofor ve boyanın elyafa bağlanmasını sağlayan fonksiyonel bir gruptan oluşur. Fonksiyonel grup ayrıca suya bağlanır ve bu nedenle hidrolizi tetikler, bu nedenle boyama işleminde kullanılan boya yaklaşık %10-15' inin liflere bağlanmadığı ve çevreye atıldığı tahmin edilmektedir (Özkaraaslan ve diğ., 2022). Bu nedenle, RBBR gibi sentetik boya kalıntılarının su kütlelerine

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1116875

salınmadan önce uzaklaştırılması çevre için kritik öneme sahiptir. Günümüzde, flotasyon, nanofiltrasyon, koagülasyon/flokülasyon, elektrokimyasal oksidasyon, fotokatalitik bozunma ve adsorpsiyon gibi çeşitli teknolojiler boyayla kirlenmiş suyu arıtmak için kullanılmaktadır (Amar ve diğ. 2022).

Adsorpsiyon, basitliği, düşük maliyeti ve yüksek verimliliği nedeniyle bunlar arasında tercih edilen yöntemlerden biridir. Aktif karbon, yüksek verimliliği nedeniyle birçok endüstride en yaygın olarak kullanılan adsorbenttir. Ancak, yüksek üretim maliyetleri ile bertaraf, rejenerasyon ve kayıp sorunları kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu, uygun maliyetli ve çevre dostu alternatiflere olan ihtiyacı doğurmaktadır (Amar ve diğ. 2022).

Çevresel açıdan tehlikesiz ve en bol bulunan adsorbentlerden biri mangan dioksittir ( $MnO_2$ ) (Rajendiran ve diğ., 2022). Mangan (Mn) oksit mineralleri, toprak ve tortu dahil olmak üzere çeşitli doğal ortamlarda bulunur. Mükemmel adsorpsiyon ve oksidasyon özelliklerinden dolayı Mn oksitler, çevredeki organik ve inorganik maddelerin mevcudiyetinde ve kaderinde önemli roller oynar (Wang ve diğ., 2021) ve su ortamında çeşitli iyonik, organik ve inorganik kirleticileri adsorplar (Rajendiran ve diğ., 2022). Mangan oksitler (oksitler, hidroksitler ve oksihidroksitler dahil) biyojeokimyasal döngülerde önemli minerallerdir. Çözünür Mn (II) türlerinin çözünmeyen Mn (III/IV) oksitlere oksidasyonu çevresel açıdan önemli bir süreçtir.  $MnO_2$  çeşitli organik ve inorganik bileşikleri oksitleyebilir ve bazı canlı organizmaların oksijensiz solunumu için bir elektron alıcısı olarak hizmet edebilir (Moura ve Unterlass, 2020). Mn doğal olarak Mn (II), Mn (III) ve Mn (IV) formlarında bulunur ve bunların arasında Mn (II) çözünebilirdir ve anoksik/anaerobik veya asidik koşullar altında stabildir (Li ve diğ., 2021). Çevrede Mn oksitlerin oluşumu hem abiyotik hem de biyotik Mn (II) oksidasyon süreçleri yoluyla gerçekleşebilir. Ancak, abiyotik Mn (II) oksidasyonu normal çevre koşullarında (yani pH <8) uygun değildir, ve reaksiyon hızı, biyotik Mn (II) oksidasyon sürecinden çok daha yavaştır. Bu nedenle doğal ortamlarda Mn oksitlerin oluşumuna genellikle Mn (II)-oksitleyici mikroorganizmalar katkıda bulunur (Wang ve diğ., 2021). Mangan (II), mikroalgler, mantarlar ve özellikle bakteriler dahil olmak üzere birçok canlı organizma tarafından çözünmeyen mangan oksitlere

oksitlenebilir (Li ve diğ., 2021). *Pseudomonas putida* GB1, *Bacillus* sp., *Shewanella* sp., *Marinobacter manganoxydans* Mn 17-9, *Leptothrix discophora* SS-1 gibi bakteriler mangan oksitler (Jeyaraj ve Subramanian, 2022). Çözünmüş Mn (II), mangan oksitleyen bakteriler tarafından salgılanan bakteriyel multibakır oksidazlar (MBO'lar) ile partiküler Mn (III) oksitlere daha sonra, Mn (III) oksitler, MBO'lar tarafından Mn (IV) oksitlere oksitlenir. Biyolojik işlem yoluyla üretilen Mn oksitler biyolojik ya da biyojenik Mn oksitler (yani, BMO) olarak bilinir (Xu ve diğ., 2022). Mn (IV)-oksit, Mn (III)-oksit ve Mn (II) karbonatlar içeren biyojenik Mn oksitler, bakteri hücrelerinin dışında veya endosporların yüzeyinde oluşan çökeltilerdir (Sun ve diğ., 2021). Daha geniş spesifik yüzey alanı, daha küçük partikül boyutu, daha zayıf kristallik ve daha yüksek düzensizlik derecesi nedeniyle kimyasal olarak sentetik Mn oksitlerden daha yüksek reaktivite sergileyen BMO, adsorpsiyon ve/veya oksidasyon yoluyla su ve topraktan kirleticileri uzaklaştırmak için yaygın olarak uygulanmaktadır (Li ve diğ., 2021). BMO, 1,2,4-triazol, 17 $\alpha$ -etinilestradiol, sülfametoksazol, diklofenak, karbofuran, kadmiyum (Cd), antimon (Sb), kobalt (Co (II)), arsenik (As (III)), kurşun (Pb (II)), çinko (Zn (II)) ve parasetamol gibi çeşitli kirleticilerin uzaklaştırılmasında başarıyla kullanılmıştır (Gülçek ve Tepe, 2022).

Bu çalışmada, kesikli ve sabit yataklı kolon reaktörlerinde yeni bir adsorbent malzeme olarak biyojenik mangan oksit kullanılarak Remazol Brilliant Blue R giderimi gerçekleştirilmiştir. Kesikli sistemde RBBR giderim verimine çözelti pH'ı, BMO miktarı, başlangıç RBBR konsantrasyonu ve sıcaklığın etkileri araştırılmıştır. Yöntemin endüstriyel uygulamalarda kullanılabilirliğini ortaya çıkarmak için sabit yataklı kolon reaktöründe sürekli adsorpsiyon testi yapılmış ve akış hızının RBBR giderim verimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Biyojenik Mangan Oksit Üretimi

Bu çalışmada, biyojenik mangan oksitlerin üretimi için National Center for Agricultural Utilization Research (Microbial Genomics & Bioprocessing Research Unit, Illinois, USA)'den temin edilen NRRL B-14878 kodlu *Pseudomonas putida* bakterisi kullanılmıştır. Biyojenik mangan oksit üretimi çalışmalarında kullanılan besi ortamı bileşimi önceki yayınımda ayrıntılı şekilde verilmiştir

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1116875

(Cömert ve Tepe, 2020). Biyojenik mangan oksit üretimi 100 mL çalışma hacminde 250 mL'lik erlenlerde yapılmıştır. Mangana alıştırılmış bakteri kültürü biyojenik mangan oksit üretim ortamına 1:10 oranında aktarılmış ve erlenler 30 °C ve 150 rpm'de 24 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra MnCl<sub>2</sub> ile hazırlanan Mn (II) stok çözeltisinden istenen miktarda eklenmiştir. 7 gün sonra ise besi ortamı 5000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenmiş ve 60 °C'de kurularak öğütülmüştür. Daha sonra RBBR giderim çalışmalarında biyojenik mangan oksit (BMO) olarak kullanılmıştır (Şekil 1). BMO'nun X-ışını difraktogramı, FTIR spektrumları, SEM-EDX ve XPS'si önceki çalışmamızda ayrıntılı olarak rapor edilmiştir (Cömert ve Tepe 2020).

### Deneysel Çalışmalar

Tüm deneyler 30 °C'de 250 mL'lik erlenlerde yürütülmüştür. İstenen konsantrasyonda 100 mL hacminde hazırlanmış boyar madde çözeltisi erlenlere yerleştirilmiş, BMO eklenerek deneyler başlatılmıştır. Erlenler orbital bir karıştırıcıda 150 rpm'de karıştırılmıştır. Çözelti pH'ı derişik ve seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve NaOH çözeltileri kullanılarak istenilen değerlere ayarlanmıştır. İç çapı 1 cm ve yüksekliği 5 cm olan camdan yapılmış kolon reaktör kullanılarak sabit yatak kolon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Boya çözeltisi Lead Fluid BT/101S marka peristaltik pompa ile belirli akış

hızlarında kolondan geçirilmiştir. Boya giderimini izlemek için belirli zaman aralıklarında alınan numunelerden BMO'yu ayırmak için numuneler santrifüj cihazında (Nüve NF 800R) 5000 rpm hızında 5 dakika santrifüjlenmiştir. Santrifüjden sonra elde edilen supernatantın absorbans değeri Spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür. Çalışmada Remazol Brilliant Blue R boyar maddesi kullanılmıştır. Remazol Brilliant Blue R boyar madde analizi için 596 nm dalga boyu kullanılmıştır.

### Hesaplamalar

Boya giderim verimi (R) aşağıdaki Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$R (\%) = \frac{C_o - C_t}{C_o} * 100 \quad (1)$$

Burada C<sub>o</sub> başlangıç boya konsantrasyonu, C<sub>t</sub> herhangi bir t sürede boya konsantrasyonudur.

t zamanında BMO tarafından adsorbe edilen boyar madde miktarı (q<sub>t</sub>) ise Eşitlik 2. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$q_t = \frac{(C_o - C_t) V}{m} \quad (2)$$

Burada m kullanılan BMO dozajı, V ise çözelti hacmidir.



Şekil 1. Biyojenik mangan oksit



## BULGULAR VE TARTIŞMA

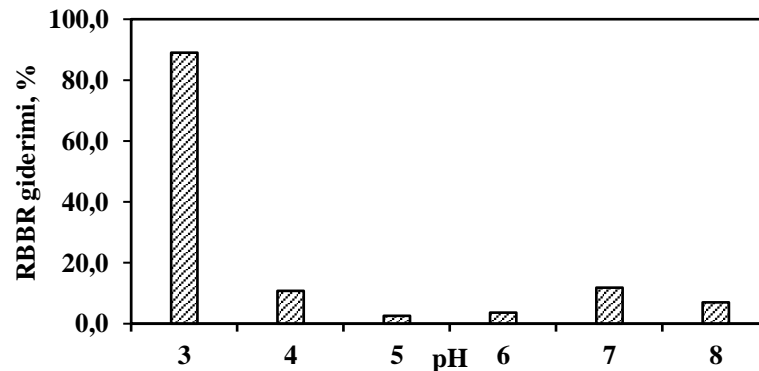
### pH'in Etkisi

pH, adsorpsiyon işlemi sırasında önemli bir rol oynar. Aslında, adsorpsiyon işleminin etkinliği, pH değişiklikleri adsorbent yüzey yüklerini ve adsorplanan maddenin iyonizasyon derecesini etkilediğinde pH değerlerine bağlıdır (Romita ve diğ., 2019). Metal oksitlerin yüzey yükü de çözelti pH'ı ve metal oksitlerin  $pH_{pzc}$  değeri arasındaki ilişkiye bağlıdır (Liu ve diğ., 2015). Çözelti pH'ının BMO ile RBBR giderim verimi üzerine etkisi 3'den 8'e kadar değişen pH aralığında incelenmiştir. 25 mg L<sup>-1</sup> boyar madde konsantrasyonu ve 0.5 g L<sup>-1</sup> BMO dozajı ile deneyler yürütülmüştür. Başlangıç pH'ı ile RBBR giderim veriminin değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den görüldüğü üzere çözelti pH'ının 3±0.02'ten 8±0.02'e artmasıyla RBBR giderim verimi azalmıştır. pH 3±0.02, 4±0.02, 5±0.02, 6±0.02, 7±0.02 ve 8±0.02 değerlerinde elde edilen RBBR giderim verimleri sırasıyla %89.1, 10.8, 2.7, 3.6, 11.8 ve 7.0'dır. Elde edilen sonuçlara göre sonraki aşamalarda uygun pH değeri 3 olarak seçilmiştir. RBBR anyonik bir boyadır ve RBBR'nin sulu çözeltideki iyonik formunun yanı sıra BMO yüzeyinin elektrik yükü çözelti pH'ına bağlı olarak değişir. Bu nedenle boya moleküllerinin iyonlaşması/protonlanması ve adsorbent yüzeyindeki fonksiyonel gruplar adsorpsiyon verimini ve adsorpsiyon kapasitesini etkiler. Sulu çözeltide, RBBR boyası  $X-SO_3Na \rightleftharpoons X-SO_3^- + Na^+$  olarak ayrışır. Asidik koşullar altında, adsorbent yüzeyi pozitif olarak yüklenir. Dolayısıyla asidik koşullar altında adsorbent yüzeyindeki pozitif iyonlar ile RBBR boyasının anyonları arasındaki artan elektrostatik etkileşim nedeniyle asidik koşullarda daha yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Öte yandan, daha yüksek pH değerlerinde bazik ortamlar

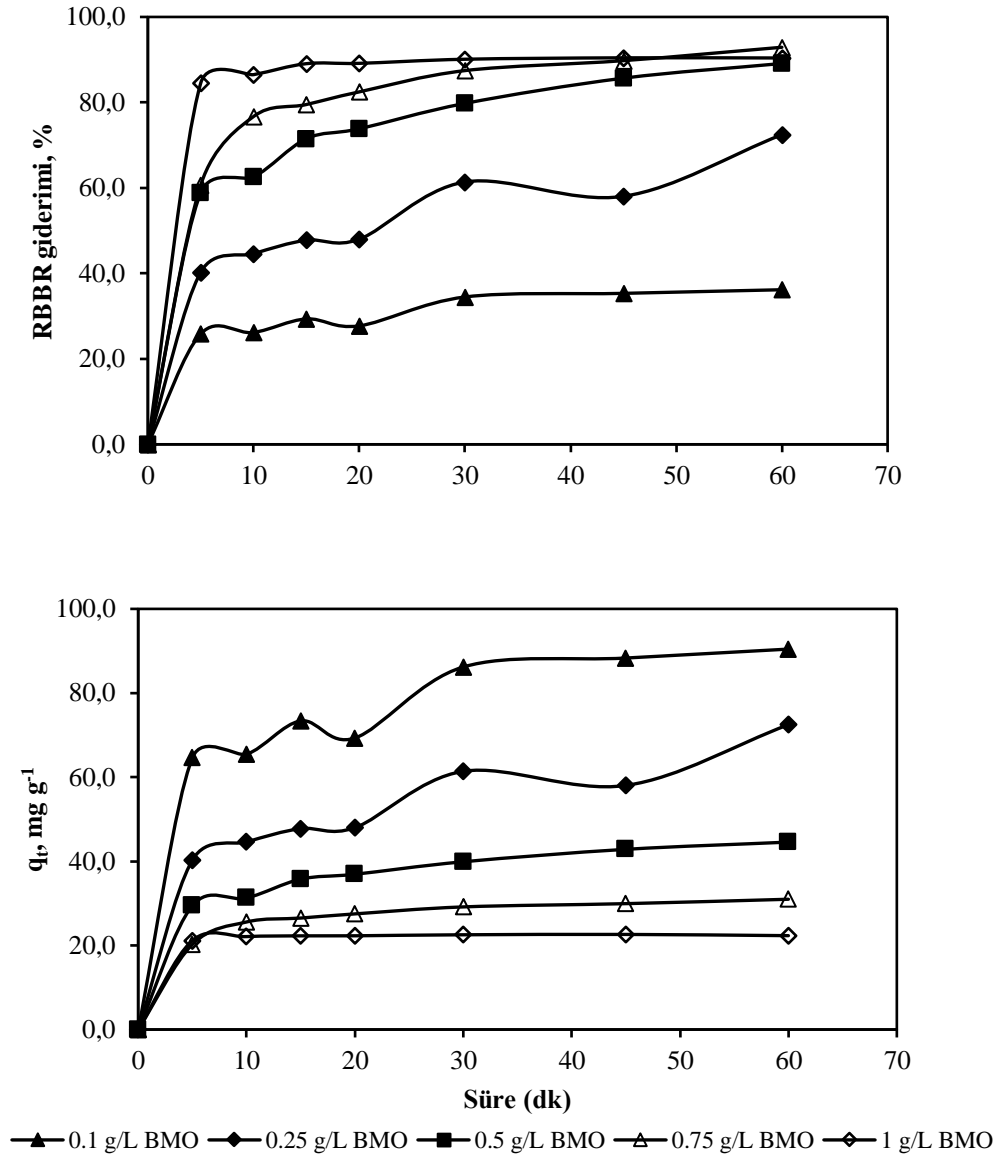
altında, daha negatif hale gelen adsorbent yüzeyi, RBBR adsorpsiyonunu desteklemez, çünkü RBBR anyonlarının sülfonik grupları ( $-SO_3^-$ ) ile elektrostatik itme oluşur (Özkaraaslan ve diğ., 2022).

### BMO Konsantrasyonunun Etkisi

RBBR gideriminde BMO dozajının etkisi; pH 3, 30 °C sıcaklık ve 25 mg L<sup>-1</sup> RBBR konsantrasyonu şartlarında 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1 g L<sup>-1</sup> BMO dozajları kullanılarak araştırılmıştır. BMO konsantrasyonu ile % RBBR gideriminin ve q değerlerinin değişimi Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1 g L<sup>-1</sup> BMO konsantrasyonlarında sırasıyla %36.2, 72.5, 89.1, 92.9 ve 90.4 boyar madde giderim verimleri elde edilmiştir. Çözeltide BMO miktarının artışı boyar madde giderim verimini artırmıştır. Giderim veriminin artması adsorbent yüzeyindeki adsorpsiyon bölgelerinin artışına bağlanabilir (Duan ve diğ., 2015). Diğer yandan, BMO miktarındaki artışla BMO'in RBBR adsorpsiyon kapasitesi azalmıştır. BMO dozajının artmasıyla mevcut aktif alanların artması doymamış adsorpsiyon alanlarının sayısının artmasına ve adsorpsiyon kapasitesinin düşmesine neden olur. 60 dakikalık denge süresi sonunda 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1 g L<sup>-1</sup> BMO dozajlarında adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla, 90.4, 72.5, 44.6, 31.0 ve 22.3 mg g<sup>-1</sup>'dir. Özkaraaslan ve diğ. (2022) tarafından karbonize alıç atık hamuru/mermer atık tozu ile RBBR gideriminde adsorbent miktarının giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. RBBR gideriminde adsorbent miktarının 0.01 g'dan 0.10 g'a yükseltilmesiyle adsorpsiyon kapasitesi 50.21 mg g<sup>-1</sup>'den 18.10 mg g<sup>-1</sup>'ye düşerken, giderim verimi %20.1'den %72.3'e yükselmiştir.



Şekil 2. RBBR giderim verimi üzerine çözelti pH'ının etkisi (RBBR kons.: 25 mg L<sup>-1</sup>, BMO: 0.5 g L<sup>-1</sup>, t: 60 dk)



Şekil 3. RBBR giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitesi üzerinde BMO konsantrasyonunun etkisi (pH: 3, T: 30 °C, RBBR kons.: 25 mg L<sup>-1</sup>, t: 60 dk)

### Sıcaklığa Bağlı Olarak Başlangıç Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi

Sıcaklık, adsorpsiyonun doğasını belirlemede önemli bir rol oynar. RBBR giderimi üzerine sıcaklığın etkisi; 30, 40 ve 60 °C'de pH 3'de, 0.5 g L<sup>-1</sup> BMO dozajı ve 10, 25, 50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyona sahip RBBR çözeltileri kullanılarak incelenmiştir. 30 °C'de başlangıç RBBR konsantrasyonu ile giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitelerinin değişimi Şekil 4'te verilmiştir. 10, 25,

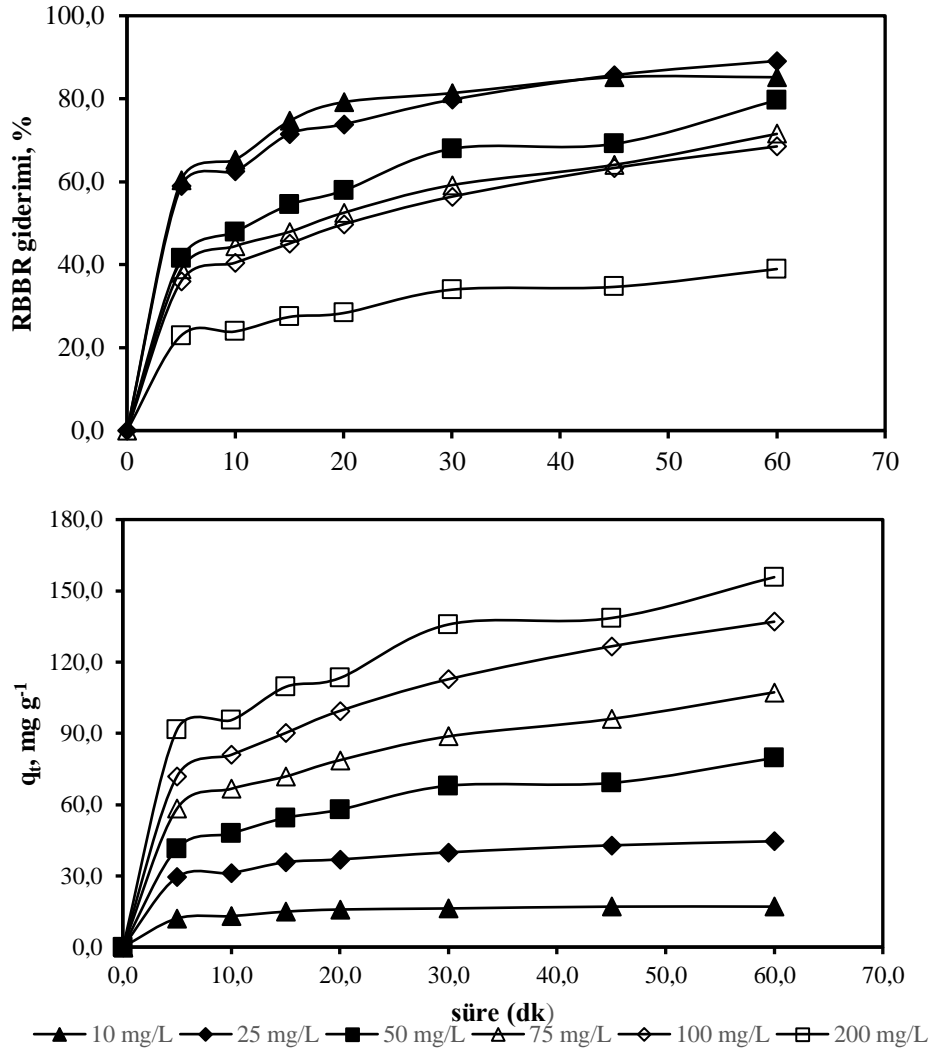
50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyona sahip ortamlarda sırasıyla %85.2, 89.1, 79.6, 71.5, 68.5 ve 38.9 giderim verimleri elde edilmiştir. RBBR konsantrasyonunun artışıyla genel olarak giderim verimi azalmıştır. RBBR'nin mevcut sorpsiyon bölgelerine oranı, daha düşük RBBR konsantrasyonlarında düşüktür ve daha yüksek giderim verimleri elde edilir. Daha yüksek konsantrasyonlarda, mevcut adsorpsiyon bölgeleri azalır ve sorpsiyon bölgelerinin doygunluğu sonucu

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1116875

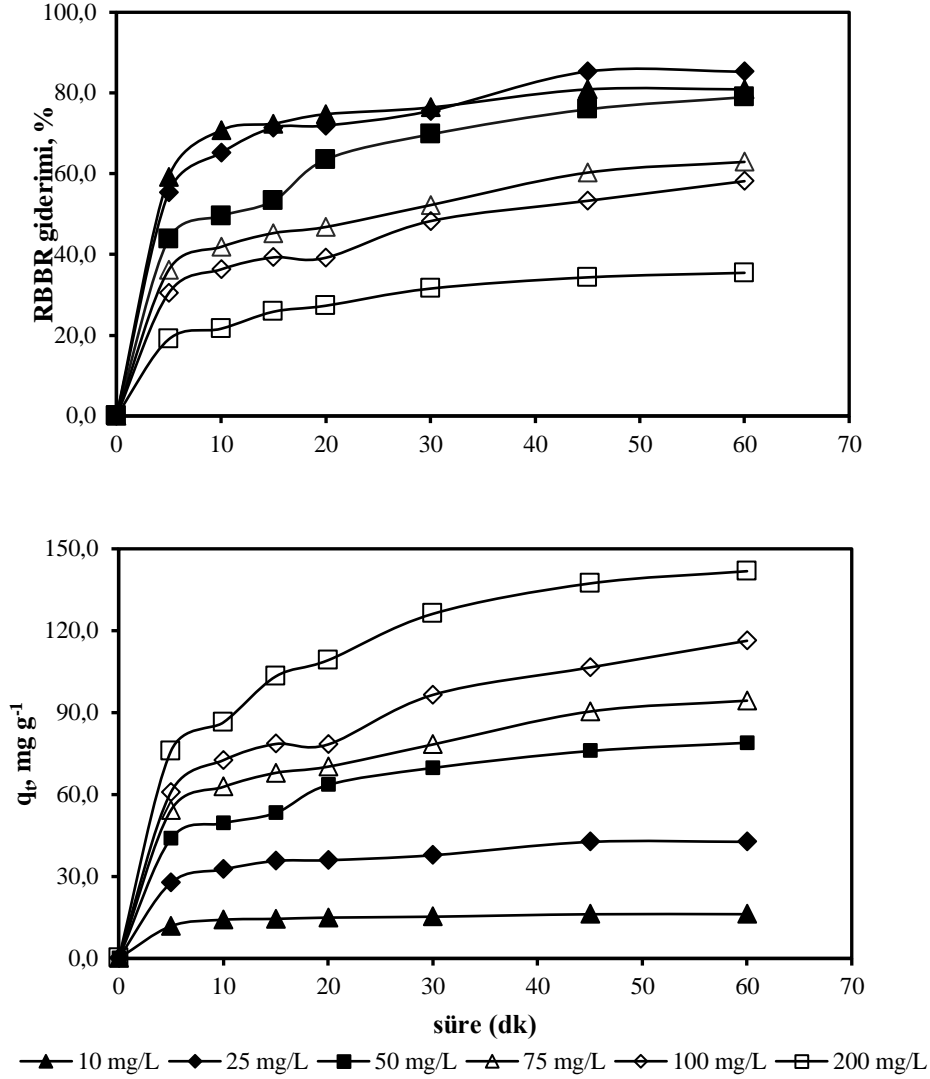
RBBR giderim verimleri azalır. 60 dakikalık denge süresi sonunda 10, 25, 50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> RBBR konsantrasyonlarında adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla, 17,0, 44,6, 79,6, 107,3, 137,0 ve 155,7 mg g<sup>-1</sup>'dir. RBBR konsantrasyonunun artışıyla adsorpsiyon kapasitesi artmıştır. RBBR konsantrasyonu, kütle transfer dirençlerini ortadan kaldırmak için bir itici güç sağladığından, artan RBBR konsantrasyonu, BMO'nun adsorpsiyon kapasitesinin artmasına neden olmuştur.

40 °C sıcaklıkta başlangıç RBBR konsantrasyonu ile giderim verimi ve adsorpsiyon

kapasitelerinin değişimi Şekil 5'te verilmiştir. 10, 25, 50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyona sahip ortamlarda sırasıyla %80,9, 85,3, 79,0, 62,9, 58,2 ve 35,5 giderim verimleri elde edilmiştir. RBBR konsantrasyonunun artışıyla genel olarak giderim verimleri azalmıştır. 60 dakikalık denge süresi sonunda 10, 25, 50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> RBBR konsantrasyonlarında adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla, 16,2, 42,7, 79,0, 94,4, 116,3 ve 141,8 mg g<sup>-1</sup>'dir.



Şekil 4. 30 °C'de RBBR giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitesi üzerine RBBR konsantrasyonunun etkisi (pH: 3, T: 30 °C, BMO:0.5 g L<sup>-1</sup>, t: 60 dk)

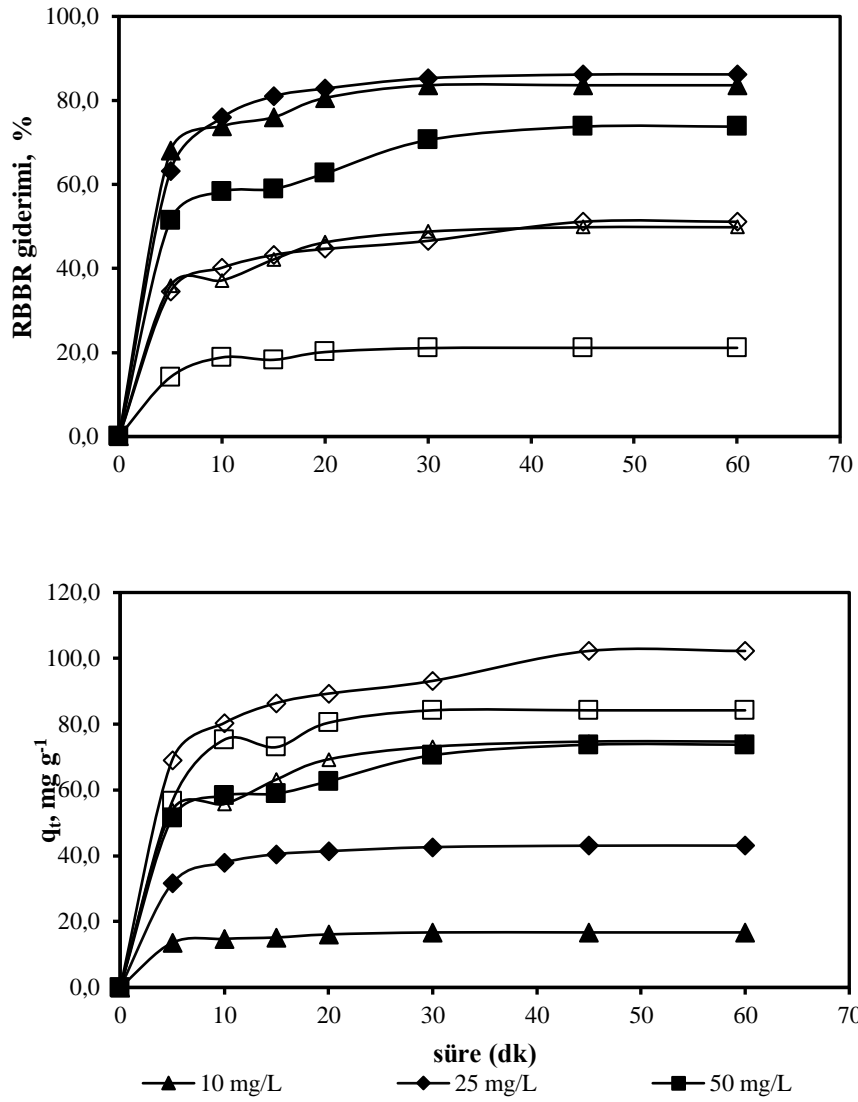


Şekil 5. 40 °C’de RBBR giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitesi üzerine RBBR konsantrasyonunun etkisi (pH: 3, BMO:0.5 g L<sup>-1</sup>, t: 60 dk)

60 °C sıcaklıkta başlangıç RBBR konsantrasyonu ile giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitelerinin değişimi Şekil 6’da verilmiştir. 10, 25, 50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyona sahip ortamlarda sırasıyla %83.6, 86.2, 73.8, 49.8, 51.1 ve 21.1 giderim verimleri elde edilmiştir. RBBR konsantrasyonunun artışıyla genel olarak giderim verimleri azalmıştır. 60 dakikalık denge süresi sonunda 10, 25, 50, 75, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup> RBBR konsantrasyonlarında adsorpsiyon kapasiteleri

sırasıyla, 16.7, 43.1, 73.8, 74.7, 102.2 ve 84.2 mg g<sup>-1</sup>’dir.

Sıcaklık arttıkça genel olarak RBBR giderim verimleri ve adsorpsiyon kapasiteleri azalmıştır (Tablo 1). RBBR giderim verimlerindeki düşüş adsorpsiyon olayının ekzotermik olduğunu göstermektedir. Sorpsiyon ekzotermik bir süreç olduğundan, artan sıcaklıkla boya ve adsorbent aktif bölgeleri arasındaki zayıf fiziksel bağ nedeniyle bu beklenen bir sonuçtur (Dursun ve diğ., 2013).



Şekil 6. 60 °C’de RBBR giderim verimi ve adsorpsiyon kapasitesi üzerine RBBR konsantrasyonunun etkisi (pH: 3, BMO:0.5 g L<sup>-1</sup>, t: 60 dk)

Tablo 1. Farklı RBBR konsantrasyonlarında ve sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyon kapasiteleri ve giderim verimleri

C <sub>0</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	30 °C		40 °C		60 °C	
	q (mg g <sup>-1</sup> )	Giderim verimi (%)	q (mg g <sup>-1</sup> )	Giderim verimi (%)	q (mg g <sup>-1</sup> )	Giderim verimi (%)
10	17.0	85.2	16.2	80.9	16.7	83.6
25	44.6	89.1	42.7	85.3	43.1	86.2
50	79.6	79.6	79.0	79.0	73.8	73.8
75	107.3	71.5	94.4	62.9	74.7	49.8
100	137.0	68.5	116.3	58.2	102.2	51.1
200	155.7	38.9	141.8	35.5	84.2	21.1

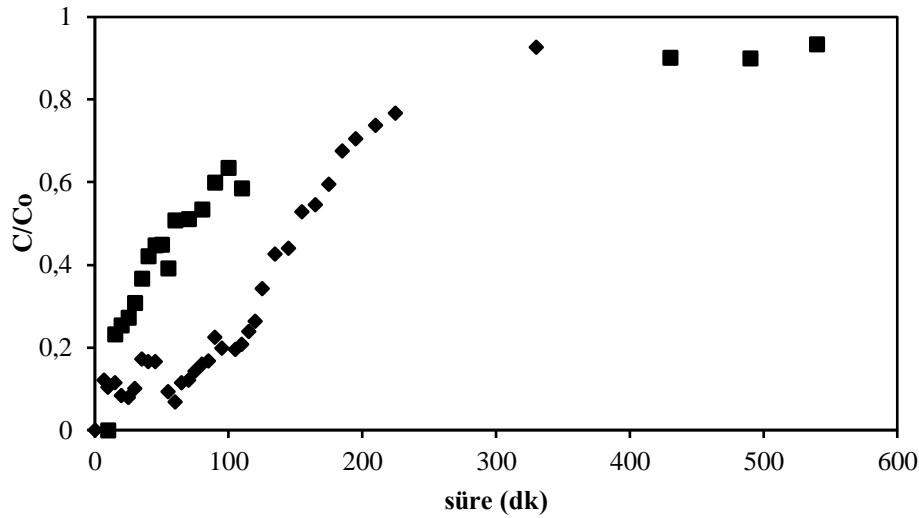
Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1116875

### Akış Hızının Etkisi

Sabit yataklı kolon reaktörde 4.5 ve 9.0 mL dk<sup>-1</sup> akış hızlarında RBBR giderimi gerçekleştirilmiştir. 25 mg L<sup>-1</sup> RBBR konsantrasyonu ve 1 g BMO kullanılmıştır. Şekil 7’de zamana karşı C/C<sub>0</sub> değişimi sunulmuştur. Adsorpsiyonun ilk anlarında RBBR’nin tamamı uzaklaştırılmıştır. Daha sonra RBBR konsantrasyonu artmaya başlamıştır. Bu durum sabit yatak kolon adsorpsiyon karakteristiğidir. Akış hızına bağlı olarak RBBR’nin kolon çıkışındaki görülme anı değişmektedir. 4.5 ve 9 mL dk<sup>-1</sup> akış hızlarında 25 ve 10. dakikalarda kırılma (C/C<sub>0</sub>=0.05) gözlenmiştir.

Akış hızı 4.5 mL dk<sup>-1</sup>’dan 9.0 mL dk<sup>-1</sup>’a arttığında daha erken zamanda kırılma meydana gelmiştir. Kırılmanın daha erken oluşması, RBBR ve BMO arasındaki temas süresinin daha az olmasından kaynaklanmaktadır (Aksu ve diğ., 2007).

Tablo 2’de, RBBR giderimi için farklı adsorbentlerin maksimum adsorpsiyon kapasiteleri verilmektedir. Tablo incelendiğinde, BMO’nun RBBR giderimi için daha yüksek adsorpsiyon kapasitelerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Biyojenik mangan oksite boyar maddenin adsorpsiyonunda farklı besleme akış hızlarında elde edilen kırılma eğrileri (pH: 3, C<sub>0</sub>= 25 mg L<sup>-1</sup>, BMO: 1 g, ◆: 4.5 mL dk<sup>-1</sup>, ■: 9 mL dk<sup>-1</sup>)

Tablo 2. RBBR giderimi için çeşitli adsorbentlerin maksimum adsorpsiyon kapasitelerinin (q<sub>max</sub>) karşılaştırılması

Adsorbent	q <sub>max</sub> (mg g <sup>-1</sup> )	Referans
Kimyasal olarak modifiye edilmiş <i>Yarrowia lipolytica</i> biyokütlesi	121.0	Doruk Aracagök, 2022
Ultra gözenekli alüminalar (UPA)	122.6	Xu ve diğ., 2021
<i>Agaricus augustus</i>	43.0	Arslantaş ve diğ., 2022
Hindistan cevizi kabukları	7.96	Chong ve Hadibarata, 2021
Kanalizasyon çamuru biyoçar	126.59	Raj ve diğ., 2021
Biyojenik mangan oksit	155.7	Mevcut çalışma

### SONUÇ

Bu çalışma sulu çözeltiden RBBR’nin BMO ile giderilebildiğini ve giderim veriminin çözelti pH’ı, BMO dozajı, RBBR konsantrasyonu ve sıcaklık gibi faktörler ile etkilenebildiğini göstermiştir. RBBR giderim verimi BMO dozajının artışı ile artarken, çözelti pH’ı, RBBR konsantrasyonu ve sıcaklık artışı

ile azalmıştır. Sabit yatak kolon reaktör çalışmalarında akış hızının artışı ile kırılma için gerekli zaman azalmıştır. Sonuç olarak, BMO’nun atıksulardan boyaları uzaklaştırma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1116875

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazar bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Aksu, Z., Çağatay, Ş.Ş. ve Gönen, F. (2007). Continuous fixed bed biosorption of reactive dyes by dried *Rhizopus arrhizus*: Determination of column capacity. *Journal of Hazardous Materials*, 143, 362-371.
- Amar, I.A., Zayid, E.A., Dhikeel, S.A. ve Najem, M.Y. (2022). Biosorption removal of methylene blue dye from aqueous solutions using phosphoric acid-treated balanites aegyptiaca seed husks powder. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(6), 7845-7862.
- Arsantaş, C., M'barek, I., Saleh, M., Isik, Z., Ozdemir, S., Dundar, A. ve Dizge, N. (2022). Basic Red 18 and Remazol Brilliant Blue R biosorption using *Russula Brevipes*, *Agaricus Augustus*, *Fomes Fomentarius*. *Water Practice and Technology*, 17 (3), 749-762.
- Chong, S.N. ve Hadibarata, T. (2021). Adsorption of Phenol Red and Remazol Brilliant Blue R by *Coconut Shells (Cocos nucifera)* and *Ambarella Peels (Spondias dulcis)*. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11 (1), 8564-8576.
- Cömert, S. ve Tepe, O. (2020). Production and characterization of biogenic manganese oxides by manganese-adapted *Pseudomonas putida* NRRL B-14878. *Geomicrobiology Journal*, 37(8), 753-763.
- Doruk Aracagök, Y. (2022). Biosorption of Remazol Brilliant Blue R dye onto chemically modified and unmodified *Yarrowia lipolytica* biomass. *Archives of Microbiology*, 204, 128.
- Duan, L., Sun, B., Wei, M., Luo, S., Pan, F., Xu, A. ve Li, X. (2015). Catalytic degradation of Acid Orange 7 by manganese oxide octahedral molecular sieves with peroxymonosulfate under visible light irradiation. *Journal of Hazardous Materials*, 285, 356-365.
- Dursun, A.Y., Tepe, O. ve Dursun, G. (2013). Use of carbonised beet pulp carbon for removal of remazol turquoise blue-g133 from aqueous solution. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 431-442.
- Gülçek, B. ve Tepe, O. (2022). Removal of atrazine by biogenic manganese oxide in batch and fixed-bed column reactors. *Geomicrobiology Journal*, 39 (1), 17-27.
- Jeyaraj A. ve Subramanian, S. (2022). Synthesis, optimization, and characterization of biogenic manganese oxide (BioMnOx) by bacterial isolates from mangrove soils with sorbents property towards different toxic metals. *Biometals*, <https://doi.org/10.1007/s10534-022-00378-5>.
- Li, H., Tang, Y., Wu, Y., Wang, Y., Huang, H., Huang, Y., Liang, F. ve Qin, T. (2021). Bio-immobilization of soluble Mn(II) in aqueous solution with co-occurred Mn(II)-oxidizing bacteria: facilitation or inhibition. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 106448.
- Liu, J., Zhao, Z., Shao, P. ve Cui, F. (2015). Activation of peroxymonosulfate with magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-MnO<sub>2</sub> core-shell nanocomposites for 4-chlorophenol degradation. *Chemical Engineering Journal*, 262, 854-861.
- Moura H.M. ve Unterlass, M.M. (2020). Biogenic metal oxides. *Biomimetics*, 5, 29.
- Özkaraaslan, H., Çetintaş, S. ve Bingöl, D. (2022). A novel composite derived from carbonized hawthorn waste pulp/marble waste powder by ball milling: preparation, characterization, and usability as bifunctional adsorbent. *Biomass Conversion and Biorefinery*, <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01412-1>.
- Raj, A., Yadav, A., Rawat, A.P., Singh, A.K., Kumar, S., Pandey, A.K., Sirohi, R. ve Pandey, A. (2021). Kinetic and thermodynamic investigations of sewage sludge biochar in removal of Remazol Brilliant Blue R dye from aqueous solution and evaluation of residual dyes cytotoxicity. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101556.
- Rajendiran, R., Patchaiyappan, A., Harisingh, S., Balla, P., Paari, A., Ponnala, B., Perupogu, V., Lassi, U. ve Seelam, P.K. (2022). Synergistic effects of graphene oxide grafted chitosan & decorated MnO<sub>2</sub> nanorods composite materials application in efficient removal of toxic industrial dyes. *Journal of Water Process Engineering*, 47, 102704.
- Romita, R., Rizzi, V., Semeraro, P., Gubitosa, J., Gabaldón, J.A., Gorbe, M.I.F., López, V.M.G., Cosma, P. ve Fini, P. (2019). Operational parameters affecting the atrazine removal from water by using cyclodextrin based polymers as efficient adsorbents for cleaner technologies. *Environmental Technology & Innovation*, 16, 100454.
- Sun, Y., Zhang, Y., Li, W., Zhang, W., Xu, Z., Dai, M. ve Zhao, G. (2021). Combination of the endophytic manganese-oxidizing bacterium *Pantoea eucrina* SS01 and biogenic Mn oxides: an efficient and sustainable complex in degradation and detoxification of malachite green. *Chemosphere*, 280, 130785.

*Research article/Araştırma makalesi*  
DOI:10.29132/ijpas.1116875

- Wang, Q., Wei, H., Liu, W. ve Zhai, J. (2021). Carbamazepine removal by the synergistic effect of manganese-oxidizing microalgae and biogenic manganese oxides. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126530.
- Xu, D., Li, B., Dou, X., Feng, L., Zhang, L. ve Liu, Y. (2022). Enhanced performance and mechanisms of sulfamethoxazole removal in vertical subsurface flow constructed wetland by filling manganese ore as the substrate. *Science of the Total Environment*, 812, 152554.
- Xu, H., Boeuf, G., Jia, Z., Zhu, K., Nikravech, M., Kanaev, A., Azouani, R., Traore, M. ve Elm'selmi, A. (2021). Solvent-Free Synthesized Monolithic Ultraporous Aluminas for Highly Efficient Removal of Remazol Brilliant Blue R: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies. *Materials*, 14, 3054.



## Pülümür Nehri (Tunceli)'ndeki Noktalı İnci Balığı *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782)'un Boy-Ağırlık İlişkileri ve Kondisyon Faktörü

Ebru İfakat Özcan\*, Osman Serdar

Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Tunceli, Türkiye

\* ebruoz@munzur.edu.tr , oserdar@munzur.edu.tr 

Makale gönderme tarihi:05.04.2022 Makale kabul tarihi:12.09.2022

### Öz

Bu çalışmada; 2017 ve 2019 tarihleri arasında Pülümür Nehri'nden yakalanan noktalı inci balığı *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782)'un boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü araştırılmıştır. Örneklerin total boy uzunlukları ve ağırlıkları dişilerde 7,1-11,6 cm ve 2,9-12,3 g; erkeklerde 7,0-11,9 cm ve 2,7-13,5 g arasında değişmiştir. Dişi/erkek oranı 1/0,87 olarak hesaplanmıştır. Boy-ağırlık ilişkileri dişilerde  $W=0,0111TL^{2,90}$  ( $R^2=0,80$ ); erkeklerde  $W=0,0155TL^{2,76}$  ( $R^2=0,83$ ); tüm bireylerde  $W=0,0136TL^{2,81}$  ( $R^2=0,82$ ) olarak belirlenmiştir. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un negatif allometrik bir büyüme gösterdiği tespit edilmiştir. Boy-ağırlık ilişkisinin dişi, erkek ve tüm bireyler için kuvvetli ve anlamlı olduğu gözlenmiştir ( $R^2=0,82$ ,  $p<0,001$ ). Kondisyon faktörü değerinin dişilerde 0,670-1,175, erkeklerde 0,632-1,313 ve tüm bireylerde ise 0,632-1,313 arasında dağılım gösterdiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Alburnoides bipunctatus*, noktalı inci balığı, boy-ağırlık ilişkisi, kondisyon faktörü, Pülümür Nehri.

## Length–Weight Relationships and Condition Factor of the Spiralin *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) in the Pülümür River (Tunceli)

### Abstract

In this study; the length-weight relationship and condition factor of spiralin *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) caught from the Pülümür River between 2017 and 2019 were investigated. The total length and weight of the samples were 7.1-11.6 cm and 2.9-12.3 g in females; It varied between 7.0-11.9 cm and 2.7-13.5 g in males. The female/male ratio was calculated as 1/0.87. Length-weight relationships was determined as  $W=0.0111TL^{2.90}$  ( $R^2=0.80$ ) in females,  $W=0.0155TL^{2.76}$  ( $R^2=0.83$ ) in males;  $W=0.0136TL^{2.81}$  ( $R^2=0.82$ ) in all individuals. It was determined that *A. bipunctatus* showed a negative allometric growth in the Pülümür River. It has been observed that the length-weight relationship is strong and significant for female, male and all individuals ( $R^2=0.82$ ,  $p<0.001$ ). It was determined that the condition factor value ranged between 0.670-1.175 in females, 0.632-1.313 in males and 0.632-1.313 in all individuals.

**Keywords:** *Alburnoides bipunctatus*, spiralin, length–weight relationship, condition factor, Pülümür River.

### GİRİŞ

Cyprinidae familyasına ait olan *Alburnoides bipunctatus*'ta vücut kısa, yanlardan yassılaştırmış olup oval şekillidir. Gözler iridir, irisin dorsalinde yoğun olarak siyah pigmentler bulunur. Burnu biraz öne doğru çıkıntı yapmıştır. Normal büyüklükte olan ağız, terminal konumludur ve bıyık taşımaz. Dudaklar gelişmemiştir. İki çift burun deliği vardır ve burun delikleri birbirine bitişiktir. Solungaç dikenleri kısa, kalın ve seyrek dizilişlidir. Yanal çizgi tamdır ve ventrale doğru kavis yapmıştır. Yanal çizgi pullarındaki boruların çevresindeki pigmentler yanal çizgiyi çok belirginleştirmiştir. Vücudu örten sikloid

pullar iridir ve kolay dökülür. Ventral yüzgeç kaidesinde koltuk pulu bulunur. Ventral ile anal yüzgeç arasında bariz karina vardır. Dorsal ve anal yüzgeçlerin serbest kenarı sırasıyla düz ve konkavdır. Pektoral yüzgeç geriye doğru yatırıldığında serbest kenarı, ventral yüzgeç başlangıcına ulaşır. Ventral yüzgeç geriye doğru yatırıldığında serbest kenarı, anal açıklığı tamamen kapatır. Anal yüzgecin kaidesi dorsal yüzgeç kaidesinden daima uzundur. Anal açıklık anal yüzgecin hemen önünde bulunur, kısa tüp şeklindedir. Kaudal yüzgeç derin çatallıdır ve lopların ucu sivridir. Vücudun üst kısmı kahverengi-gridir,

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1098205

ışıkta mavi-yeşil yansımalar olur. Renk yanlara doğru açılır, ventral ise beyazdır. Yüzgeçler açık portakal sarısı renklidir. Vücudun her iki tarafında yanıl çizginin üstünde, solungaç kapaklarının üst kenarından kuyruk yüzgecinin tabanına kadar, siyah birer şerit uzanmaktadır ve peritonu siyahtır (Polat ve Uğurlu, 2011). Berrak hızlı akan akarsularda ve göllerde bulunur. Mayıs ve Haziran aylarında akarsularda çakıl ve küçük taşlar üzerine yumurtlar (Çelikkale, 1988). Berg (1964)'e göre maksimum boy 100-125 mm, nadiren 150 mm'dir. Avlanma bakımından önemli olmamasına karşın, akvaryum balığı olarak değerlidir (Polat ve Uğurlu, 2011).

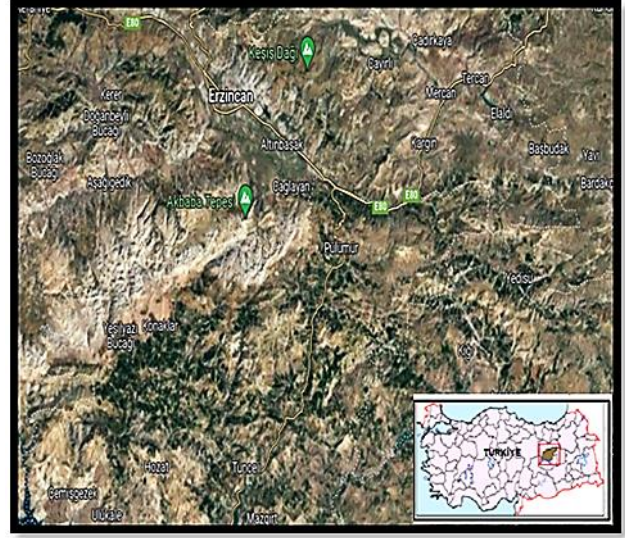
Balıklarda boy veya ağırlık değerleri kullanılarak büyüme oranları bulunabilir. Genellikle büyüme ifadesinde daha az değişiklik gösteren ve ölçümü kolay olan boy değeri kullanılır (Çetinkaya, 1989). Boy-ağırlık ilişkisi çalışmaları, stok durumu hakkında bilgi sağladığı için balıkçılık yönetiminde yaygın olarak uygulanan bir yaklaşımdır (Bagenal ve Tesch, 1978; Serdar vd., 2017). Kondisyon faktörü, balıkçılık biyologları tarafından balık popülasyonunun sağlıklı olup olmadığını göstermek için kullanılan beslilik indeksidir. Bir balık popülasyonunun yüksek kondisyon değerlerine sahip olması, hem somatik büyüme hem de gonadların gelişmesi için elverişli besinin ortamda bol olduğu anlamına gelir (Demir, 2006).

Türkiye'deki farklı su kaynaklarında ve yurtdışında *A. bipunctatus*'un boy-ağırlık ilişkisi ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Treer vd., 2000; Torcu-Koç vd., 2006; Treer vd., 2006; Ergüden ve Göksoy, 2009; Verreycken vd., 2011; Patimar vd., 2012a; Patimar vd., 2012b; Sarı vd., 2012). Bu çalışmada; Pülümür Nehri'nde yaşayan *A. bipunctatus*'un boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörüne bakılmıştır. Daha önce Pülümür Nehri'nde *A. bipunctatus*'un boy-ağırlık ve kondisyon faktörü ile ilgili herhangi bir çalışmanın olmamasından dolayı bu çalışmanın ileride bu türle ilgili yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL VE METOT

Tunceli ili, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır (Korkmaz, 2022). Araştırma alanı birçok derenin katılmasıyla birlikte Pülümür ilçesinden Tunceli ilinin 20 km kuzey taraflarına kadar gelen Pülümür Nehri'dir. Pülümür Nehri, Tunceli merkezine kadar gelip Munzur'un suyuyla birleşmektedir (Saler ve Bulut, 2011).

Pülümür ve Munzur Nehri'nin birleşme noktasının yaklaşık 25 km güneyinde Uzunçayır Baraj Gölü bulunmaktadır. 2017-2019 tarihlerinde aylık olarak 39° 40' 09.72 "K, 39° 82' 85.67" D ve 39° 39' 63.38 "K, 39° 82' 77.50" D koordinatlarından balıklar toplanmıştır (Şekil 1). Pülümür Nehri ve Uzunçayır Baraj Gölü'nde daha önce yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Saler ve Bulut, 2011; Çoban vd., 2013; Saler vd., 2014; Kutlu vd., 2017; Özcan, 2019; Özcan, 2020; Bulut vd., 2021; Özcan ve Serdar, 2021a; Özcan ve Serdar, 2021b).



Şekil 1. Pülümür Nehri (URL-1, 2022).

Balıkların total boy ölçümleri 1 mm'lik ölçüm tahtası ile yapılmış, vücut ağırlıkları ise  $\pm 0,01$  g hassasiyetli elektronik terazi ile ölçülmüştür (Avşar, 2005; Geldiay ve Balık, 2009) (Şekil 2). Balıkların eşey tayini Lagler vd., (1977)'e göre incelenip tespit edilmiştir. Toplam 116 tane *A. bipunctatus* örneklerinin eşeylere göre total boy ve ağırlıklarının min-max değerleri verilmiştir. Dişi:erkek oranı hesaplanmıştır. Eşey oranının doğada normal olarak 1:1 olması beklenmektedir. Dişi erkek oranlarının 1:1 oranından istatistiksel olarak farklı olup olmadığı ki-kare ( $X^2$ ) testi ile kontrol edilmiştir (Zar, 1999). Eşeylere göre total boy ve ağırlığın frekans dağılımı tablo ve şekil olarak verilmiştir.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1098205



Şekil 2. *A. bipunctatus*'un genel görünümü

Boy-ağırlık ilişkisi denklemi  $W=a*TL^b$  formülü ile hesaplanmıştır (Ricker, 1975) (W: Balık ağırlığı (g) TL: Toplam balık boyu (cm) a ve b katsayıları ise büyüme parametreleridir). t-testi b değerinin 3'ten farklı olup olmadığını tespit etmek için yapılmıştır. (Zar, 1999). Ayrıca b değerinin %95 güven aralığı hesaplanmıştır.

Ortamin besleyicilik durumunu gösteren kondisyon faktörü, boy ve ağırlık verileri ile hesaplanmakta olup, ortamın besin durumu ve üremeye göre değişir. Kondisyon faktörü  $KF=(W/TL^3)*100$  formülü ile hesaplanır (W: Balık ağırlığı (g), TL: Balık boyu (cm)) (Le Cren, 1951)

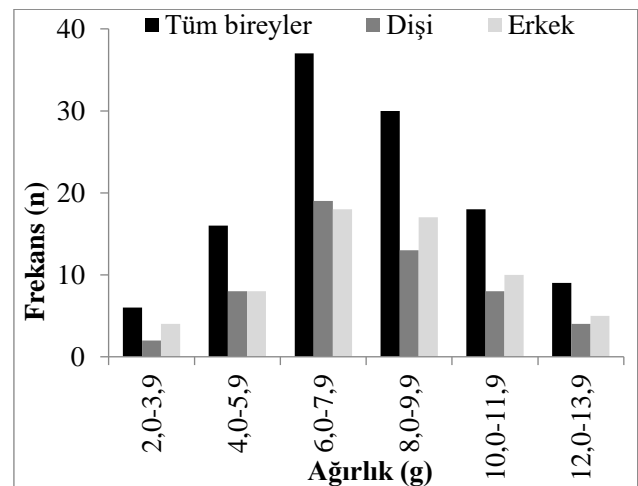
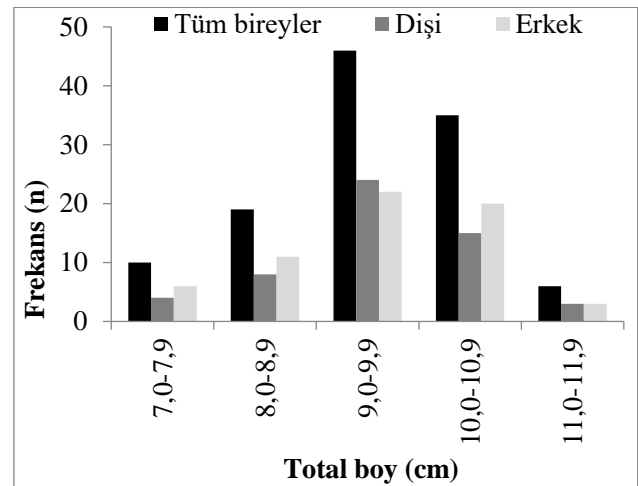
Hesaplamalarda SPSS Statistics 24.0 paket programı ve Excel 2013 programları uygulanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, örneklerin total boy uzunlukları ve ağırlıkları dişilerde 7,1-11,6 cm ve 2,9-12,3 g; erkeklerde 7,0-11,9 cm ve 2,7-13,5 g arasında değişmektedir. Pülümür Nehri'nde yaşayan *A. bipunctatus* türüne ait örneklerin boy frekans ve ağırlık frekans değerleri Şekil 3'te verilmiştir. Dişi ve erkek bireylerde 9,0-9,9 cm boy aralığı ve 6,0-7,9 g ağırlık aralığı baskın durumdadır (Şekil 3, Tablo 1). Farklı habitatlarda daha önce yapılan çalışmalarda *A. bipunctatus*'un boy aralığı değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Ülkemiz iç sularında, bu türün minimum boyu 3,2 cm (Sarı vd., 2012) ve maksimum boyu 18,5 cm (Ergüden ve Göksu, 2009) olarak bildirilmektedir. Yakalanan 116 adet örneğin 54 adet dişi (%46,56), 62 adet ise erkek (%53,44) örneklerden oluşmaktadır. Dişi/erkek oranı 1/0,87 olarak hesaplanmıştır. Eşey oranları arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu bulunmuştur ( $X^2$  testi,  $p>0,05$ ).

Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un cinsiyetlere göre boy-ağırlık ilişkilerine bakıldığında, boy-ağırlık ilişkisi denklemleri ile korelasyon katsayıları dişilerde  $W=0,0111TL^{2,90}$  ( $R^2=0,80$ );

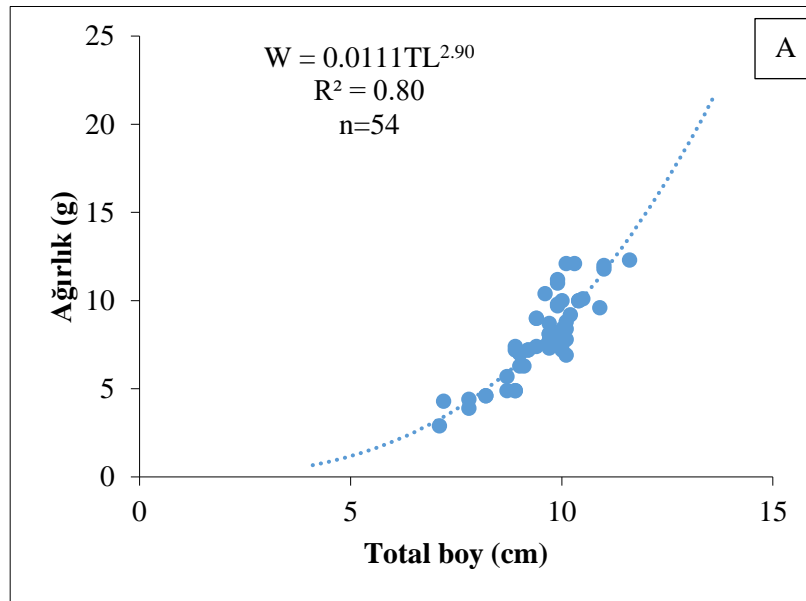
erkeklerde  $W=0,0155TL^{2,76}$  ( $R^2=0,83$ ); tüm bireylerde  $W=0,0136TL^{2,81}$  ( $R^2=0,82$ ) olarak (Şekil 4) belirlenmiştir (Tablo 2). Boy-ağırlık ilişkisindeki "b" değerleri dişilerde 2,90, erkeklerde 2,76 ve tüm bireylerde 2,81 olarak belirlenmiş olup, bu değerlerin istatistiksel olarak 3'ten farklı olduğu görülmüştür. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un negatif allometrik bir büyüme gösterdiği saptanmıştır ( $b<3$ ;  $p<0,05$ ). Boy-ağırlık arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde dişi, erkek ve tüm bireyler için kuvvetli ve anlamlı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir ( $R^2=0,82$ ,  $p<0,001$ ). Ayrıca, t-testi sonuçları önem açısından analiz edildiğinde ( $P<0,01$ ); balık boyu verilerinin balık ağırlığının tahmin edilmesinde yüksek doğrulukla kullanılabileceği belirtilmiştir (Başusta vd., 2017; Serdar ve Özcan, 2018).



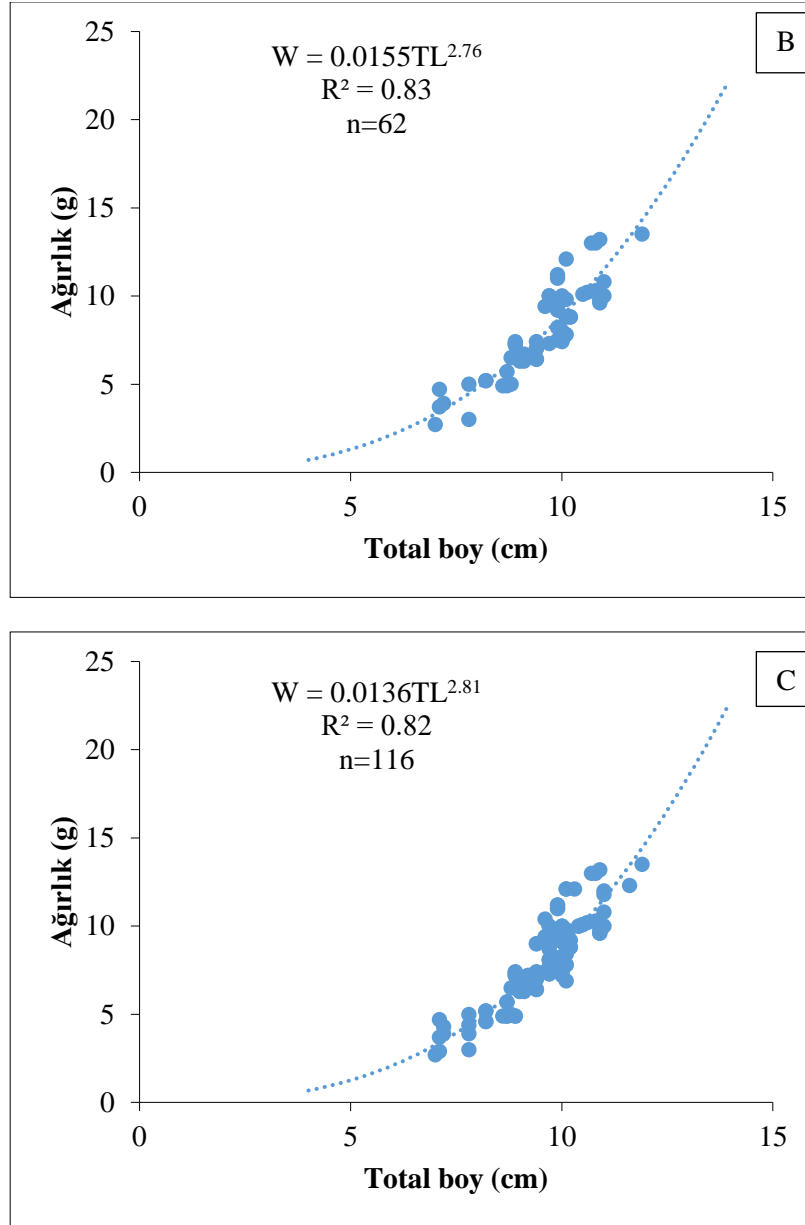
Şekil 3. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un total boy ile ağırlık-frekans dağılımı

**Tablo 1.** Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un total boy ile ağırlık-frekans (%) tablosu

Total boy (cm)	Dişi		Erkek		Tüm bireyler	
	N	%	N	%	N	%
7,0-7,9	4	3,45	6	5,17	10	8,62
8,0-8,9	8	6,90	11	9,48	19	16,38
9,9-9,9	24	20,69	22	18,96	46	39,65
10,0-10,9	15	12,93	20	17,24	35	30,17
11,0-11,9	3	2,59	3	2,59	6	5,18
Toplam	54	46,56	62	53,44	116	100
Ağırlık (g)	Dişi		Erkek		Tüm bireyler	
	N	%	N	%	N	%
2,0-3,9	2	1,72	4	3,45	6	5,17
4,0-5,9	8	6,90	8	6,90	16	13,8
6,0-7,9	19	16,38	18	15,51	37	31,8
8,0-9,9	13	11,21	17	14,65	30	25,86
10,0-11,9	8	6,90	10	8,62	18	15,52
12,0-13,9	4	3,45	5	4,31	9	7,76
Toplam	54	46,56	62	53,44	116	100



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1098205



Şekil 4. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un dişi (A), erkek (B) ve tüm bireylerde (C) boy-ağırlık ilişkisi

Tablo 2. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un boy-ağırlık ilişkisi parametreleri ve kondisyon faktörü

Cinsiyet	n	Boy-ağırlık ilişkisi parametreleri				Kondisyon faktörü
		a	b	%95 Güven aralığı	R <sup>2</sup>	
Dişi	54	0,0111	2,90	2,655-2,941	0,80	0,670-1,175
Erkek	62	0,0155	2,76	2,570-2,941	0,83	0,632-1,313
Tüm bir.	116	0,0136	2,81	2,570-2,941	0,82	0,632-1,313

**Tablo 3.** Farklı habitatlardaki *A. bipunctatus*'un tüm bireylerinde boy dağılımı ve boy-ağırlık ilişkisi parametreleri

Araştırmacılar	Habitat	n	Boy Dağılımı	a	b	R <sup>2</sup>
Treer vd., 2000	Bednja Nehri (Hırvatistan)	77	-	0,0150	2,797	-
Treer vd., 2000	Sava Nehri (Hırvatistan)	16	-	0,0044	3,403	-
Treer vd., 2006	Sava Nehri (Hırvatistan)	150	-	0,0083	3,025	0,94
Torcu-Koç vd., 2006	Çoruh Nehri (Türkiye)	353	7,9*-15,9*	0,0249	2,790	-
Ergüden ve Göksu, 2009	Seyhan Baraj Gölü (Türkiye)	74	13,5-18,5	0,0028	2,720	0,90
Verreycken vd., 2011	Belçika	62	2,8-12,8	0,0092	3,022	0,95
Patimar vd., 2012a	Uzineh Kanalı (Kuzey İran)	240	4,8-11,1	0,0072	3,239	0,93
Patimar vd., 2012b	Tajan Nehri (İran)	286	4,0-14,0	0,0140	2,901	0,90
Sarı vd., 2012	Aras (Türkiye)	21	8,8-12,7	0,0053	3,35	0,931
Sarı vd., 2012	Batı Karadeniz (Türkiye)	833	4,3-12,3	0,0080	3,18	0,968
Sarı vd., 2012	Büyük Menderes (Türkiye)	29	4,7-10,1	0,0084	3,14	0,978
Sarı vd., 2012	Çoruh (Türkiye)	53	4,9-13,0	0,0101	3,05	0,989
Sarı vd., 2012	Dicle (Türkiye)	4	6,1-8,7	0,0139	2,94	0,976
Sarı vd., 2012	Doğu Karadeniz (Türkiye)	250	4,5-12,0	0,0071	3,19	0,953
Sarı vd., 2012	Kızılırmak (Türkiye)	6	7,4-9,9	0,0020	3,80	0,994
Sarı vd., 2012	Marmara (Türkiye)	368	3,2-12,3	0,0076	3,16	0,982
Sarı vd., 2012	Sakarya (Türkiye)	178	3,2-10,0	0,0066	3,27	0,989
Sarı vd., 2012	Susurluk (Türkiye)	449	3,2-11,2	0,0101	3,06	0,952
Sarı vd., 2012	Türkiye Genel	2191	3,2-13,0	0,0083	3,147	0,97
Bu çalışma	Pülümür Nehri (Tunceli, Türkiye)	116	7,0-11,9	0,0136	2,81	0,82

\*Çalışmada çatal boy kullanılmıştır.

Tablo 3'te farklı habitatlardaki *A. bipunctatus*'un boy dağılımı, boy-ağırlık ilişkisi parametrelerinde farklılıklar görülmektedir. Bu farklılığa coğrafik konum, çevre şartlarındaki değişiklikler, avlama mevsimi, incelenen örnek sayısı, yumurtlama dönemi ve gonad olgunluğu, cinsiyet, besin maddelerinin varlığı, beslenme düzeyleri, mide doluluk oranları, hastalıklar ve parazitlerin neden olabileceği düşünülmektedir (Nikolsky, 1969). Balıklarda boy-ağırlık ilişkisi denklemindeki "a" değeri, bireylerin ortalama kondisyonunu gösterirken "b" değeri balığın içinde bulunduğu koşullara göre şeklini göstermektedir. Farklı türlerde "b" değeri 2,5 ile 3,5 arasında değişmektedir. Bir balık popülasyonunda  $b=3$  ise izometrik,  $b>3$  ise pozitif allometrik,  $b<3$  ise negatif allometrik büyümeden söz edilir (Avşar, 1998). Daha önce farklı habitatlarda *A. bipunctatus*'un boy-ağırlık ilişkileri ile ilgili yapılan çalışmalarda büyüme tipinin bizim çalışmamıza yakın olduğu (Treer vd., 2000 (Bednja Nehri (Hırvatistan)); Torcu-Koç vd., 2006; Ergüden ve Göksu, 2009; Patimar vd., 2012b) görülmüştür.

Kondisyon faktörü değerleri dişilerde 0,670-1,175 arasında değişmekte olup, erkeklerde ise 0,632-1,313 arasında değişmektedir. Tüm bireylerde ise kondisyon faktörü değerleri 0,632-1,313 arasında değişmektedir (Tablo 2). Büyümenin önemli

göstergelerinden olan kondisyon faktörü, balık popülasyonlarının incelenmesinde ve balıkların beslilik durumlarının belirlenmesinde ölçüt olarak kullanılır (Korkmaz, 2008). Boy ve ağırlık verileri kullanılarak belirlenen kondisyon faktörü cinsiyet, yaş, cinsel olgunluk durumu ile üreme, örnekleme zamanı, mevsim, beslenme şartları ve habitata göre değişim gösterdiği belirtilmiştir (Erkoyuncu, 1995; Çetinkaya vd., 2010).

## SONUÇ

Balıklarda boy-ağırlık ilişkileri ve kondisyon faktörü değerleri türlere göre farklılık göstermekte olup; bu farklılıklar boy-ağırlık dağılımları, habitatların ekolojik şartları, örnek sayısı ve örnekleme zamanından kaynaklanmış olabilir. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un kondisyon faktörü değerlerine bakıldığında ortamın besleyicilik kapasitesinin iyi olduğu söylenebilir. Pülümür Nehri'ndeki *A. bipunctatus*'un boy-ağırlık ve kondisyon faktörü ile ilgili daha önce başka çalışma yapılmaması, bu çalışmanın bu tür ile ilgili ileride yapılacak çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılmasında kolaylık sağlayacağı ve yön vereceği düşünülmektedir.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1098205

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

### ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Avşar, D. (1998). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Baki Kitap ve Yayınevi, Yayın No. 20, Adana, 303 s.
- Avşar, D. (2005). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Nobel Kitabevi, Adana, 332 s.
- Bagenal, T.B. ve Tesch, F.W. (1978). Age and growth. In: Methods for assessment of fish production in freshwaters. 3rd edn. T. Bagenal (Ed.). IBP Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 101–136.
- Başusta, A., Başusta, N. ve Sangün, L. (2017). Length-Weight Relationship of Brown Comber, *Serranus hepatus*, Linnaeus, 1758 from Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean, Turkey. *Natural and Engineering Sciences*, 2(1):1-5.
- Berg, L. S. (1964). Freshwater Fishes of the U.S.S.R. and Adjacent Countries, Academy of Sciences of the U.S.S.R. Zoological Institute, Guide to the Fauna of the U.S.S.R. Volume: II, Number: 29, Fourth edition, Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translations, 504 p.
- Bulut, H., Sesli, A. ve Tepe, R. (2021). Uzunçayır Baraj Gölü Güncel Zooplanktonunun Bazı Su Kalite Parametreleri ile Değerlendirilmesi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(3), 429-441. DOI: 10.29132/ijpas.938647
- Çelikkale, M. S. (1988). İçsu Balıkları Yetiştiriciliği, Cilt: II, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Genel Yayın No: 128, Fakülte Yayın No: 3, Trabzon, 473 s.
- Çetinkaya, O. (1989). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği (Ders Notları ). Akdeniz Üniv. Eğirdir Su Ürünleri YO, Eğirdir, 65 s.
- Çetinkaya, O., Şen, F. ve Elp, M. (2010). Balık Biyolojisi ve Araştırma Yöntemleri: Karataş M. (Editör), Balıklarda Büyüme ve Büyüme Analizleri. Nobel Kitap Dağıtım A.Ş. Ankara.
- Çoban, MZ. Gündüz, F. Yüksel, F. Demirel, F. Yıldırım, T. ve Kurtoğlu, M. (2013). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Balık Faunası. *Yunus Araştırma Bülteni* 2013(2), 35-44.
- Demir, N. (2006). İhtiyoloji. Nobel Yayın Dağıtım (Editör: Doç. Dr. Mehmet KARATAŞ), Nobel Yayın No: 924, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi: 31, ISBN: 975-591-909-0, 3. Basım: Eylül 2006.
- Ergüden, S. A. ve Göksu, M. Z. L. (2009). Length–weight relationships for 12 fish species caught in Seyhan Dam Lake in southern Anatolia, Adana, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 25, 501–502. doi: 10.1111/j.1439-0426.2009.01231.x
- Erkoyuncu, İ. (1995). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları Yayın No:95, Sinop, 265 s.
- Geldiay, R. ve Balık, S. (2009). Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın No:46 Bornova/İzmir, 644 s.
- Korkmaz, A.Ş. (2008). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1568. Ankara, 549 s.
- Korkmaz, M. (2022). Application of rainwater harvesting to Munzur University campus and examination of contributions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(5), 4757-4765.
- Kutlu, B. Serdar, O. Aydın, R. ve Danabaş, D. (2017). Uzunçayır Baraj Gölü'nün (Tunceli) Carlson İndeksine Göre Trofik Durumunun Belirlenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni* (1), 83-92.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. ve Passino, D.R.M. (1977). *Ichthyology*. John Wiley and Sons, Newyork, 506 p.
- Le Cren, C.D. (1951). The Length-weight Relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20, 201-219
- Nikolsky, G.V. (1969). Theory of Fish Population Dynamics: as The Biological Background for Rational Exploitation and Management of Fishery Resources (Translated by Dr. J.E.S. Bradley), Published by Oliver&Boyd. 340 p.
- Özcan, E.İ. (2019). Pülümür Nehri (Tunceli, Türkiye)'ndeki *Barbus lacerta* Heckel, 1843'ün boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü. *Nwsa-Ecological Life Sciences*, 14(4), 66-73.
- Özcan, E.İ. (2020). Pülümür Nehri'nde yaşayan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 populasyonunun bazı büyüme özelliklerinin belirlenmesi. *Ecological Life Sciences (NWSAELS)*, 15(4), 121-133, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0139.
- Özcan, E.İ. ve Serdar, O. (2021a). Pülümür Nehri (Tunceli-Türkiye)'ndeki *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 Populasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi ve Kondisyon Faktörü. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, Cilt 6, Sayı 4, 614 - 620.
- Özcan, E.İ. ve Serdar, O. (2021b). Some Growth Parameters of *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) Population Living In The Pülümür River. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, Volume 7, Issue 3, 410 – 418.

Research article/Araştırma makalesi

DOI:10.29132/ijpas.1098205

- Patimar, R., Zare, M. ve Hesam, M. (2012a). On the life history of spiralin *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) in the qanat of Uzineh, northern Iran. *Turkish Journal of Zoology*, 36(3), 383-393.
- Patimar, R., Kiaalvandi, S. ve Faramarzi, M. (2012b). Length-Weight Relationship of Three Fish Species of Cyprinidae in Tajan River, Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4(5), 509-511
- Polat, N. ve Uğurlu, S. (2011). Samsun İli Tatlı Su Balık Faunası. İlkadım Belediyesi, Kültür ve Sosyal İşler Müdürlüğü, Kültür-Sanat Yayınları: 2, Samsun. ISBN: 978-605-87638-0-7
- Ricker, W.E. (1975). Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations, *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382
- Salır, S. ve Bulut, H. (2011). Zooplankton composition of Pulumur Stream (Tunceli-Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(11), 1401-1403. DOI: 10.3923/javaa.2011.1401.1403
- Salır, S., Bulut, H. ve Baysal, N. (2014). Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of Fisheries Sciences.com*, 8(1), 1-7. (Short Communication). DOI: 10.3153/jfscm.2014001.
- Sarı, H. M., İlhan, A. ve Yurdakul, E. (2012). Türkiye iç sularındaki noktalı inci balığı, *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), boy-ağırlık ilişkisi. *Ege Journal of Fisheries Aquatic Sciences (EgeJFAS)*, 29(3), 143-145. DOI: 10.12714/egejfas.2012.29.3.07
- Serdar, O., Özcan, E.I. ve Aydın, R. (2017). Length-Weight and Length-Length Relationships of *Alburnus mossulensis* and *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843) in the Karasu River (Turkey). *Yunus Araştırma Bülteni*, <https://doi.org/10.17693/yunusae.vi.278434>.
- Serdar, O. ve Özcan, E.İ. (2018). Length-weight, length-length relationships and condition factor of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) and *Barbus lacerta* Heckel, 1843 from Karasu River (East Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(6), 729-732.
- Torcu-Koç, H., Erdoğan, Z. ve Treer, T. (2006). A review of lengthweight relationships of fishes from freshwaters of Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 264-270. doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00709.x
- Treer, T., Habekovic, D., Anicic, I., Safner, R. ve Piria, M. (2000). Growth of five spiralin (*Alburnoides bipunctatus*) populations from the Croatian rivers. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 65(3), 175-180.
- Treer, T., Piria, M., Anicic, I., Safner, R. ve Tomljanovic, T. (2006). Diet and growth of spiralin, *Alburnoides bipunctatus* in the barbell zone of the Sava River. *Folia Zoologica*, 55(1), 97-106.
- URL-1. (2022). <https://www.google.com/maps/place/Pülümür+Çayı>. 25 Mart 2022.
- Verreycken, H., Van Thuyne, G. ve Belpaire, C. (2011). Length-weight relationships of 40 freshwater fish species from two decades of monitoring in Flanders (Belgium). *Journal of Applied Ichthyology*, 27, 1416-1421. doi: 10.1111/j.1439-0426.2011.01815.x
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*, 4th edn. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 663p.






## Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Kefir Obtained from Different Kefir Cultures and Brands of Milk

Haydar Eryilmaz<sup>1</sup>, Olcay Kaplan Ince<sup>2\*</sup>, Muharrem Ince<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Munzur University, Department of Food Engineering, 62000 Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup>Munzur University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Gastronomy and Culinary Arts, 62000 Tunceli, Türkiye

<sup>3</sup>Munzur University, Tunceli Vocational School, Department of Food Process, 62000 Tunceli, Türkiye  
haydareryilmaz44@gmail.com , \*olcaykaplan@munzur.edu.tr , muharremince@munzur.edu.tr 

Received date:22.06.2022, Accepted date:03.10.2022

### Abstract

In this study, three different kefir cultures were used to ferment five different brands of milk samples. pH, the dry matter, ash amount, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) amount, titratable acidity, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging capacity, the reducing power, the Fe(II) ions chelating capacity, the total phenolic content (TPC), copper(II) ion reductive antioxidant capacity (CUPRAC) and mineral matter contents were investigated in kefir samples and results were evaluated statistically.

When kefir's CUPRAC, TPC, DPPH free radical scavenging capacity, Mg, Zn, and Na concentrations are evaluated in terms of kefir culture, KC1, KC2, KC3, KC1, KC1, and KC1, had the highest values (p<0.05), respectively. If it is evaluated in terms of different brands of milk, kefir's CUPRAC, TPC, DPPH free radical scavenging capacity and Na concentrations were found highest (p<0.05) which were produced by M5, M2, M1, and M4, respectively.

The data obtained from the experimental studies it was determined that the kefir cultures and milk used had an effect on the quality of the kefir.

**Keywords:** Kefir, kefir culture, milk, antioxidant capacity, mineral

## Farklı Kefir Kültürlerinden ve Süt Markalarından Elde Edilen Kefirin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması

### Öz

Bu çalışmada, beş farklı marka süt örneğini fermente etmek için üç farklı kefir kültürü kullanıldı. pH, kuru madde, kül miktarı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarı, titre edilebilir asitlik, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikal temizleme kapasitesi, indirgeme gücü, Fe(II) iyonları şelatlama kapasitesi, toplam fenolik madde (TFM), bakır(II) iyonu indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC) ve mineral madde içerikleri araştırıldı ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi.

Kefirlerin, CUPRAC, TFM, DPPH serbest radikal süpürme kapasitesi, Mg, Zn ve Na konsantrasyonları kefir kültürü açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değerlere sırasıyla KC1, KC2, KC3, KC1, KC1 ve KC1 olduğu bulundu (p<0.05). Farklı süt markaları açısından değerlendirildiğinde ise CUPRAC, TFM, DPPH serbest radikal giderme kapasitesi ve Na konsantrasyonlarının en yüksek olduğu kefirlerin sırasıyla M5, M2, M1 ve M4 sütleri kullanılarak üretilen kefirin (p<0.05) olduğu tespit edildi.

DeneySEL çalışmalardan elde edilen veriler, kefir kültürlerinin ve kullanılan farklı marka sütlerin kefirin kalitesine etkisi olduğu belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Kefir, kefir kültürü, süt, antioksidan kapasite, mineral

### INTRODUCTION

Kefir that originates from the Caucasus Mountains in Russia, is produced from fermented milk drink by using acidic fermentation (Arslan,

2015). This fermented product, which has a slightly sour taste and creamy consistency, is defined as a rich source of probiotic microorganisms (lactic acid bacteria, acetic acid bacteria and yeasts)

accumulated in kefir grain or kefir and used as starter cultures in the preparation of kefir. It is acidic, sour, frothy, slightly alcoholic drink formed by sugar and lactose fermentation in various types of milk (John et al., 2021; Sodanlo and Azizkhani, 2021). It is known that kefir, which is very rich in terms of protein and B vitamins besides potassium and calcium, takes its aroma properties from lactic acid, CO<sub>2</sub> and ethanol, and that these products are formed as a result of fermentation (Beshkova et al., 2003; Perna et al., 2019). Although it shows slight changes depending on the type and content of the milk used in fermentation, its characteristic features are pH about 4.0; alcohol content ranges from 0.5% to 2%; lactic acid; acetic acid; CO<sub>2</sub> and aromatic compounds (Irigoyen et al., 2005; Perna et al., 2019). Kefir that is probiotic drink is typically a homemade fermented product, but it also has the potential to be produced and sold commercially (Farnworth, 2005). It has been reported that regular consumption of kefir improves immunity in the intestinal tract, improves lactose digestion and tolerance, controls blood plasma sugar and blood pressure, as well as has a gastric protective effect (Fahmy and Ismail, 2015; Sodanlo and Azizkhani, 2021). At the same time, it was emphasized that regular kefir consumption is well for ulcers (Fahmy and Ismail, 2015), and that it has gastroprotective effects alongside antimicrobial, anti-allergy, antioxidant, and anti-cancer effects (Bekar et al., 2011; Franco et al., 2013; Ozcan et al., 2019). In addition, it is known that traditionally produced kefir not only improves wound healing, but also lowers cholesterol, reduces allergic effects, and has beneficial effects on the gastrointestinal system. In the past, kefir has been used in traditional medicine as pharmaceuticals without any knowledge of the presence of microorganisms or their therapeutic activities (Arslan, 2015).

There are great number of studies about kefir. However, to our knowledge, there is a lack of studies that compared many physical and chemical properties of kefirs obtained by different kefir cultures and milk samples.

## MATERIAL AND METHODS

### Material

In this study, kefir cultures and milk samples were purchased from different markets. Three different kefir cultures (KC1, KC2, and KC3) were applied to five different brands of ultra-high

temperature (UHT) milks (M1, M2, M3, M4, and M5). Fat content of M1 was 3.5 g, carbohydrate 4.5 g and protein 3.0 g in 100 mL. Fat content of M2 was 3.1 g, carbohydrate 4.7 g and protein 2.8 g in 100 mL. Fat content of M3 was 3.4 g, carbohydrate 4.7 g and protein 3.1 g in 100 mL. Fat content of M4 was 3.3 g, carbohydrate 4.0 g and protein 2.8 g in 100 mL. Fat content of M5 was 3.0 g, carbohydrate 5.0 g and protein 3.0 g in 100 mL.

Each milk sample was fermented separately with 3 different kefir cultures.

### Method

10 g of each of three different kefir cultures and 500 mL of UHT milk from five different brands were taken. Kefir cultures and milks were fermented for 24 h to form kefir. Then, kefir cultures were separated from kefir by using a plastic strainer and stored in refrigerator.

In kefir samples analyzes such as pH, dry matter content, ash content, CO<sub>2</sub> content, titratable acidity, total phenolic content, mineral substance, reducing power, iron(II) ion chelating capacity, copper(II) ion reduction antioxidant capacity, and DPPH free radical scavenging capacity analyses were performed. All analyses were done in triplicate.

### pH

The pH values of the kefir samples were measured using a digital pH meter (Thermo Scientific Orion 3-Star Benchtop).

### Dry Matter

For dry matter analysis, 10 g kefir samples were taken into a beaker and moisture was removed in the oven (Daihan Won-155). Kefir samples were taken from the oven and after cooling in the desiccator samples were weighed (AOAC, 1997).

### Titratable Acidity

For the determination of titratable acidity, 10 mL kefir sample was taken into a beaker and 150 µL of phenolphthalein solution was added then titrated with 0.1 M NaOH. Titratable acidity of kefir samples was calculated as lactic acid % (AOAC, 1997).

### Ash

For ash determination, 20 g kefir samples were taken into a beaker, and the temperature of the furnace (Nüve MF 110) was gradually increased up

to 450 °C. Then it was kept at 450 °C until it turned into white ash (AOAC, 1997).

### Determination of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Amount

The amount of CO<sub>2</sub> was determined titrimetrically. A 10 mL kefir sample was taken from the previously unopened, well-cooled sample, 30 mL of 0.1 M NaOH, 3 mL of 15% BaCl<sub>2</sub> and a few drops of thymol-phthalein indicator were added and mixed well. Titrated with 0.1 M HCl until the pink color disappears (pH 8). For the blank experiment again, 10 mL of kefir sample was taken and the CO<sub>2</sub> was evaporated by boiling for a while. A few drops of thymol-phthalein was added and titrated with 0.1 M HCl until the blue color disappeared (Anonymous, 1976).

The amount of CO<sub>2</sub> was calculated as follows (Equation 1).

$$\text{CO}_2 \text{ amount (mg } 100 \text{ mL}^{-1}) = (a-b) \times 22 \quad (1)$$

a = Amount of 0.1 M NaOH bound by CO<sub>2</sub> = 30 - c

b = Amount of acid consumed in the blank experiment, mL

c = Amount of acid consumed in the sample, mL

### Kefir Samples Extraction for Antioxidant Tests

For antioxidant tests, 10 g of kefir sample was taken and 10 mL of acidified methanol was added, and then mixed in an orbital shaker for 1 h. After the samples were centrifuged, the clear part on the top was taken into a separate test tube. An additional 5 mL of acidified methanol was added to the remaining precipitate and mixed in an orbital shaker for 1 h then centrifuged. The clear portion was combined with the solution previously taken into a separate test tube and kept in the refrigerator until analysis.

### Determination of DPPH Free Radical Scavenging Capacity

Extracts with different concentrations were prepared by taking different amounts of obtained kefir extracts. 250 µL of extracts in different concentrations final volumes were made up to 3 mL with methanol and 1 mL of 1×10<sup>-4</sup> M DPPH solution was added and incubated at room temperature for 30 mins in the dark. At the end of the period, at 517 nm, which is the wavelength DPPH gives maximum absorbance, absorbance was measured with a UV-

Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-1800) (Blois, 1958).

DPPH free radical scavenging capacity was calculated according to the formula below (Equation 2).

$$\text{DPPH free radical scavenging capacity \%} = ((A_C - A_K) / A_C) \times 100 \quad (2)$$

A<sub>C</sub>: Absorbance of control at 517 nm

A<sub>K</sub>: Absorbance of kefir at 517 nm

### Total Phenolic Content

The total phenolic content of the extracts of kefir samples obtained with different solvents was determined by modifying the method developed by Singleton and Rossi (1965). After adding 0.5 mL of Folin-Ciocalteu reagent to 0.1 mL of kefir sample, 3 mL of 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution was added 3 mins later, the samples were mixed and incubated for 2 h in the dark. At the end of this period, the absorbance of the samples at a wavelength of 760 nm were measured with a UV-Vis spectrophotometer. Gallic acid was used as standard.

### Determination of Copper(II) Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)

Determination of copper(II) ion reduction antioxidant capacity was done according to Apak et al. (2004). 1 mL each of 1.0×10<sup>-2</sup> M CuCl<sub>2</sub>, 7.5×10<sup>-3</sup> M neocuproin and 1 M NH<sub>4</sub>Ac (pH 7) was taken. 0.5 mL of kefir extract and 0.5 mL of ultrapure water were added and shaken well. The solutions were incubated for 30 mins at room temperature and then the absorbance values were measured at 450 nm. A concentration-absorbance graph was created for caffeic acid, which is used as a standard in this method.

### Determination of Reducing Power

The reducing force was determined using the Oyaizu (1988) method with some modifications. Kefir extracts and synthetic antioxidants were prepared in the concentration range of 25-500 mg L<sup>-1</sup>. 1 mL is taken from these solutions then 2.5 mL of phosphate buffer (0.2 M and a pH of 6.6), and 2.5 mL of 1% K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> solution were added. After the mixture was incubated for 20 mins at 50 °C, 2.5 mL of 10% TCA solution was added. The solution was centrifuged at 2500 rpm for 10 mins. After centrifugation 2.5 mL of supernatants were taken,

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1134231

mixed with 2.5 mL of ultrapure water and 0.5 mL of 0.1% FeCl<sub>3</sub> solution, and then analyzed by UV-Vis spectrophotometer at 700 nm.

### Determination of Chelating Capacity of Iron(II) Ions

The chelating capacity of iron(II) ions was determined Dinis et al. (1994) method with some modifications. The method is based on the principle of competition between the ferrozine reagent, which is a strong iron chelator, and the metal-binding compounds in the environment to bind Fe<sup>2+</sup> ions. If the chelating power is high, the formation of the red colored Fe<sup>2+</sup>/ferrozine complex is prevented. 3.7 mL of ultrapure water and 100 µL of 2 mM FeCl<sub>2</sub> solution were added to 1 mL of sample. After incubation for 30 mins at room conditions, 200 µL of 5 mM ferrozine solution was added and vortexed. After 10 mins, the absorbance values of the mixtures were measured at 562 nm by UV-Vis spectrophotometer. The control was prepared using 1 mL of ultrapure water instead of the sample. EDTA standard solutions were used at concentrations range of 100-800 mg L<sup>-1</sup>.

### Mineral Content Determination

Approximately 300 mg of kefir sample was taken and 3 mL of concentrated nitric acid and 3 mL of hydrogen peroxide were added and mixed. After waiting for 20 mins, the Teflons were closed; the steps given in Table 1 were applied and resolved in a microwave oven (Microwave system Berghof Speedwave 2). The obtained clear solutions were analyzed by flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS). FAAS operating conditions are given in Table 2.

**Table 1.** Microwave oven solubilization steps for kefir samples

Step	1	2	3
Temperature (°C)	145	180	100
Power (%)	75	90	40
Time (min)	5	10	10

### Statistical Analysis

Analysis results were evaluated using the SPSS 22 package program and one way ANOVA test was applied.

## RESULTS AND DISCUSSION

### pH, Dry Matter, Titratable Acidity, Ash and CO<sub>2</sub> Amount of Kefir Samples

The results of pH, dry matter, titratable acidity, ash amount and CO<sub>2</sub> amount of kefir samples are given in Table 3.

The difference between the pH of kefir was found to be statistically significant and it was determined that the pH value of kefir obtained from KC3 culture was lower than other kefir samples, which is thought to be due to microorganism activities. In terms of pH values, Cais-Sokolinska et al. (2008) obtained similar pH values (4.22-5.38). In another study pH of kefir was found 4.59±0.01 that obtained traditional methods (Üstün-Aytekin et al., 2020).

Contrary to pH, statistically no difference was observed between the dry matter amounts of kefir samples obtained from different kefir cultures. In other studies dry matter content of kefir samples found in the range of 11.3%-11.7% and 9.35-13.69% by Iriyogen et al. (2005) and Sady et al. (2007), respectively.

While there was no statistically difference between titratable acidity values of kefir obtained from KC1 and KC2, the titratable acidity of kefir obtained from KC3 was statistically high (p<0.05). Üstün-Aytekin et al. (2020) determined titratable acidity in their kefir samples 0.71 ± 0.00%.

According to obtained results CO<sub>2</sub> amounts of kefir obtained from KC2 (71.3 mg 100 mL<sup>-1</sup>) and kefir obtained from KC1 and kefir obtained from KC3 are similar. Also it was reported that the CO<sub>2</sub> amount increases proportionally the fermentation period of kefir increases (Guzel-Seydim et al., 2005).

In Table 4, no differences were detected in terms of pH, dry matter, titratable acidity, and ash content of kefir samples obtained from different brands of milk. In terms of CO<sub>2</sub> content, kefir obtained from M5 was statistically higher (p<0.05) than kefir obtained from other milks.

A positive, moderate, significant correlation was found between CO<sub>2</sub> content and titratable acidity (r= 0.517\*, p<0.05).

Dry matter and ash amount of kefir samples were calculated as 11.70±0.03% and 0.39±0.01%, respectively by Saygılı (2021).

**Table 2.** FAAS operating conditions for mineral content determination of kefir samples

Element	Acetylene flow rate (L min <sup>-1</sup> )	Air flow rate (L min <sup>-1</sup> )	Wavelength (nm)	Slit range (nm)	Lamp current (mA)
Ca	2.0	17.0	422.7	0.7	20.0
K	2.0	17.0	766.5	0.7	12.0
Mg	2.0	17.0	285.2	0.7	20.0
Na	2.0	17.0	589.0	0.2	12.0
Zn	2.0	17.0	213.9	0.7	20.0

### DPPH Free Radical Scavenging Capacity

This reaction is widely used to test the free radical scavenging capacity or hydrogen donor ability of compounds. In this method, antioxidants reduce the stable radical DPPH to yellow diphenylpicrylhydrazine (Bensmira and Jiang, 2015). Low absorbance indicates a decrease for DPPH radical.

In Table 6, DPPH free radical scavenging capacity of kefir sample obtained from KC3 was found statistically higher ( $p < 0.05$ ) than kefir obtained from KC1 and KC2. Kefirs obtained from KC1 and KC2 showed similar characteristics. The reason for the high value of DPPH free radical removal capacity of kefir obtained by using KC3 may be due to its high microbiological activities.

In Table 7, the DPPH free radical scavenging capacity of kefir obtained from M1 was found to be statistically higher ( $p < 0.05$ ) than the kefir varieties obtained from other milks. Kefir obtained from M3 has the lowest DPPH free radical removal capacity (%).

Marazza et al. (2012), found that the DPPH free radical scavenging capacity in fermented beverages decreased compared to the initial values in unfermented beverages, depending on the fermentation conditions.

Unal (2012), used various kefir samples that taken from the market and extracted. The DPPH free radical scavenging capacity was determined. The DPPH free radical scavenging capacity of the analyzed kefir samples with strawberry and forest fruit was found to be higher than plain kefir.

Yilmaz-Ersan et al. (2016), investigated the effect of fermentation and storage time on DPPH free radical scavenging capacity in kefir obtained from cow's milk. Fermentation time was 0-20 h and storage time was 1-21 days. When fermentation and storage times were compared, DPPH free radical scavenging capacity was found to be the highest at the 8th h ( $7.20 \pm 0.283$ ) and 21st day ( $5.44 \pm 0.198\%$ ),

respectively. The DPPH free radical scavenging capacity of kefir samples is lower than this study.

**Table 3.** Effect of different kefir cultures on pH, dry matter, titratable acidity, ash and CO<sub>2</sub> amount of kefir samples

	Kefir culture			
	KC1	KC2	KC3	SE
pH	5.6b	5.88b	4.64a	0.86
Dry matter (%)	11.1a	12a	11.1a	0.41
Titratable acidity (%)	0.49a	0.42a	0.86b	0.46
Ash amount (%)	1.32a	2.98a	1.96a	0.66
CO <sub>2</sub> amount (mg 100 mL <sup>-1</sup> )	65.2a	71.3ab	87.8b	5.2

a,b: Differences between lines with different letters are significant ( $p < 0.05$ )

SE: Standard error

Goat milk was used for kefir production, kefir samples were stored at 4 °C for 1 and 7 days. It was determined that there was no difference between the DPPH free radical scavenging capacities on the 1st day ( $9.98 \pm 1.42\%$ ) and the 7th day ( $9.98 \pm 6.0\%$ ) (Nurliyani et al., 2015).

In a study DPPH free radical scavenging capacities of plain kefir, black tea added kefir and green tea added kefir samples were determined in the range of 80.88-96.16%. It has been stated that as the storage time increases, the capacity decreases (Karagozlu et al., 2017).

Bensmira and Jiang (2015), compared the DPPH free radical scavenging capacities of peanut milk and kefir samples obtained from peanut milk and determined that the capacity increased as the concentration of the samples increased. They stated that the capacities remained approximately the same when the concentration was more than 20 mg mL<sup>-1</sup>.

Akdan et al. (2020), obtained kefir by using buffalo milk and cow, sheep and goat milk, which

**Table 4.** Effect of different brands of milk on pH, dry matter, titratable acidity, ash amount and CO<sub>2</sub> amount of kefir samples

		Different brands of milk					
		M1	M2	M3	M4	M5	SE
Kefir	pH	5.5a	5.4a	5.2a	5.4a	5.4a	0.11
	Dry matter (%)	11.2a	11.5a	11.9a	11.3a	11.2a	0.53
	Titratable acidity (%)	56a	53a	67a	57.6a	63a	5.9
	Ash content (%)	3.7a	1.6a	1.6a	1.7a	1.7a	0.8
	CO <sub>2</sub> content (mg 100 mL <sup>-1</sup> )	66.5a	76ab	71.6ab	67.7a	92b	6.7

 a,b: Differences between lines with different letters are significant ( $p < 0.05$ )

SE: Standard error

they mixed with buffalo milk in certain proportions. It was reported that the lowest DPPH radical scavenging activity was obtained by using only buffalo milk, and the highest by using a mixture of buffalo and cow's milk, with the first day storage of kefir samples.

#### Total Phenolic Content

The total phenolic content (TPC) of the samples was determined using the Folin-Ciocalteu reagent. The TPC was calculated as gallic acid equivalent (GAE). Linear regression equation and correlation coefficient obtained from gallic acid calibration curve were  $y = 0.0007x + 0.0635$  and  $R^2 = 0.9977$ , respectively.

In Table 6, it was found that the TPC amount of kefir obtained from KC2 was statistically higher ( $p < 0.05$ ) than kefir obtained from other kefir cultures, and kefir obtained from KC1 and KC3 was similar.

In Table 7, it was determined that kefir obtained from M2 was the statistically highest ( $p < 0.05$ ) in terms of TPC amount, while kefir obtained from M3 was the lowest.

It has been determined that the amount of TPC may increase depending on the fermentation time of lactic acid bacteria or other microorganisms (Vuong, et al., 2006).

In a study, the amount of TPC was determined in kefir samples obtained from cow's milk at different fermentation and different storage times. The TPC was found to be  $170.54 \pm 0.198$  mg g<sup>-1</sup> when the fermentation time was 0 h, and it was determined that there was a decrease in the amount of TPC as the fermentation time increased. However, when the storage time was examined, an increase was observed in the amount of TPC as the

time increased. While the amount of TPC on the 1st day was  $59.66 \pm 0.085$  mg g<sup>-1</sup>, it was determined as  $66.81 \pm 0.156$  mg g<sup>-1</sup> on the 21st day, which was the last storage period (Yilmaz-Ersan et al., 2016).

Nurliyani et al. (2015) determined the TPC amount of kefir samples obtained from goat milk was  $4.60 \pm 0.75$  mg 100 mL<sup>-1</sup> on the 1st day, and  $5.94 \pm 1.03$  mg 100 mL<sup>-1</sup> on the 7th day. The results obtained are similar to these results.

The TPC of peanut milk and kefir samples obtained from peanut milk was compared and it was stated that the TPC amount of kefir obtained from peanut milk was considerably higher than peanut milk (Bensmira and Jiang, 2015).

**Table 5.** Correlation analysis results of the properties of kefir samples

	pH	Dry matter	Titratable acidity	CO <sub>2</sub> content
pH	1	0.34	-0.97**	-0.558*
Dry matter	0.34	1	-0.298	-0.122
Titratable acidity	-0.97**	-0.298	1	0.517*
CO <sub>2</sub> content	-0.558*	-0.122	0.517*	1

 \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ 

#### Copper(II) Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)

Caffeic acid was used as a standard for the determination of copper(II) ion reducing antioxidant capacity of kefir extracts. The linear regression equation and correlation coefficient obtained from caffeic acid calibration curve were  $y = 0.0362x + 0.1957$  and  $R^2 = 0.9969$ , respectively.

In Table 6, it was found that the CUPRAC value of kefir obtained from KC1 was statistically

high ( $p < 0.05$ ), and kefir obtained from KC2 and KC3 were similar.

As seen in Table 7, it was determined that the CUPRAC of kefir obtained from M5 was high, and kefir samples obtained from M2 and M3 were the lowest. On the other hand, kefir obtained from M1 and M4 indicated similar results.

### Reducing Power

In the reducing power method, the presence of antioxidants in the sample allows  $Fe^{3+}$  to be reduced to  $Fe^{2+}$  by giving electrons. The amount of  $Fe^{2+}$  complex is determined by measuring the blue color formed at 700 nm. A rising absorbance value

indicates an increased ability to reduce (Ebrahimzadeh et al., 2009).

In this study, kefir samples of different concentrations ( $25 \text{ mg L}^{-1}$ - $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) were prepared and the reducing powers of these samples were compared. In addition, the reducing power of kefir samples was compared with synthetic antioxidants such as ascorbic acid and butyl hydroxyl toluene.

According to the data obtained, it was found that, as the concentration of kefir samples increased, the reducing power also increased, but the reducing power of kefir samples were lower than the synthetic antioxidants ascorbic acid and butylated hydroxyl toluene.

**Table 6.** Effect of kefir culture on DPPH free radical scavenging capacity, TPC, CUPRAC, Ca, K, Mg, Na and Zn contents of kefir samples

	Kefir culture			
	KC1	KC2	KC3	SE
DPPH free radical scavenging capacity (%)	13.7a	14.2a	18.8b	0.3
TPC (mg GAE $\text{kg}^{-1}$ )	32.8a	44.8b	31.3a	0.7
CUPRAC (mg CAE $\text{kg}^{-1}$ )	72.9b	67.6a	69.4a	1.0
Ca (mg $\text{kg}^{-1}$ )	60a	56a	61a	3
K (mg $\text{kg}^{-1}$ )	1155a	1138a	1113a	35
Mg (mg $\text{kg}^{-1}$ )	43b	32a	29a	2
Na (mg $\text{kg}^{-1}$ )	458b	416a	409a	12
Zn (mg $\text{kg}^{-1}$ )	4.0b	3.2a	2.9a	0.2

a,b:Differences between lines marked with different letters are significant ( $p < 0.05$ )  
SE: Standard error

**Table 7.** Effect of different brands of milk on DPPH free radical scavenging capacity, TPC, CUPRAC, Ca, K, Mg, Na and Zn contents of kefir samples

	Different brands of milk					
	M1	M2	M3	M4	M5	SE
DPPH free radical scavenging capacity (%)	24.9e	16.4d	9.8a	14.6c	12.5b	0.4
TPC (mg GAE $\text{kg}^{-1}$ )	37.0c	50.7d	28.4a	32.9b	32.5b	0.9
CUPRAC (mg CAE $\text{kg}^{-1}$ )	70.6b	65.1a	61.8a	72.1b	80.3c	1.3
Ca	55a	55a	60a	63a	61a	4
K	1110ab	1095a	1157ab	1245b	1070a	45
Mg	34a	33a	36a	34a	35a	2
Na	437b	381a	427ab	505c	388a	15
Zn	3.0a	3.5ab	3.4ab	3.8b	3.4ab	0.2

a,b,c,d,e: Differences between lines marked with different letters are significant ( $p < 0.05$ )  
SE: Standard error

In a study, peanut milk and kefir samples obtained from it were used and it was stated that the reducing power of kefir samples were higher than the reducing power of milk samples and this was due to fermentation (Bensmira and Jiang, 2015).

Sabokbar and Khodaiyan (2016) investigated the effects of fermentation, temperature and the amount of kefir grains on antioxidant capacity in the beverage they prepared using pomegranate juice and kefir. It was stated that beverages fermented at 25 °C with 8% (w/v) kefir grains had the highest reducing power and the absorbance value at 700 nm was  $0.951 \pm 0.032$ , and the reducing power increased as the fermentation temperature increased.

### Iron(II) Ions Chelating Capacity

Metal chelating capacities of kefir extracts were compared with EDTA. It was determined that the iron(II) ion chelating capacity of EDTA was higher than the iron(II) ion chelating capacity of kefir samples. Among the kefir samples, it was determined that the iron(II) ion chelating capacity of kefir was the highest obtained from KC2 and M2 than the other samples.

Liu et al. (2005), determined that there was no change in the iron(II) ion chelating capacity of kefir obtained with milk and soy milk.

### Mineral Matter Content

Linear regression equation and correlation coefficient were calculated as  $y = 0.0209x + 0.0014$   $R^2 = 0.9969$  for Ca,  $y = 0.0161x - 0.0013$   $R^2 = 1$  for K,  $y = 0.4491x + 0.011$   $R^2 = 0.9981$  for Mg,  $y = 0.1426x + 0.0061$   $R^2 = 0.9968$  for Na and  $y = 0.2624x + 0.0176$   $R^2 = 0.9958$  for Zn.

There was no difference between kefir cultures in terms of Ca and K content. In terms of Zn, Mg and Na content, kefir obtained from KC1 was highest ( $p < 0.05$ ) (Table 6).

Calcium plays a role in the regulation of muscle contraction, blood coagulation and cell membrane permeability. Magnesium is an important macromineral. It is known that calcium and magnesium are associated with the regulation of the heart muscle (Turker et al., 2013). When Table 7 was examined, obtained from different milk brands were found to be similar in terms of Ca and Mg. Generally dairy products contain significant amounts of Ca.

Zinc, which plays a role in metabolic reactions, is an important source of dairy products (Wang et

al., 2018). It was found that kefir obtained from M1 had the lowest concentration in terms of Zn content.

It is known that the K mineral found in milk plays a role in the regulation of osmotic pressure and transmission of nerve impulses. Na is required for the regulation of osmotic pressure and acid-base balance in the human body (Turker et al., 2013).

In terms of K and Na content, kefir obtained from M4 was found to be the highest while kefir obtained from milk M5 was found to be the lowest for K and M2 for Na.

Turker et al. (2013), carried out mineral substance analysis in kefir and milk samples of cow and goat. Ca ( $1674.5 \pm 67.8$  mg L<sup>-1</sup>) and Mg ( $111.3 \pm 5.2$  mg L<sup>-1</sup>) concentrations of kefir samples obtained from cow milk is higher than cow milk Ca and Mg concentrations. However, Na concentration ( $444.6 \pm 9.3$  mg L<sup>-1</sup>) is higher in milk than kefir. There is no statistical difference between zinc concentrations. Similarly, Ca ( $1793.0 \pm 7.9$  mg L<sup>-1</sup>), Mg ( $175.8 \pm 2.1$  mg L<sup>-1</sup>) and Na ( $395.4 \pm 3.6$  mg L<sup>-1</sup>) concentrations of kefir samples obtained from goat milk are higher than goat milk Ca, Mg and Na concentrations. There is no statistical difference between zinc concentrations. While the K and Na values in the study are similar to this study, the Ca and Mg concentrations are quite high compared to this study.

### CONCLUSION

In present study three different kefir cultures and five different brands of milk used to obtain kefir samples. The results of kefir samples were statistically evaluated in terms of kefir cultures and different brands of milk. It has been determined that kefir culture and different brands of milk have an effect on the antioxidant properties of kefir such as DPPH, TPC, and CUPRAC, that is, antioxidant properties change as kefir culture and milk change. In addition, it was found that kefir culture and different brand milk had no effect on the Ca content of kefir, which is rich in minerals.

Despite the high consumption of milk and dairy products, the inadequacy of kefir consumption is due to the lack of awareness that kefir is a good natural food source for health. Kefir is especially important for health due to its high antioxidant activity and mineral substance content. Considering to this study results, it was concluded that the generalization of kefir consumption would contribute positively to public health.



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1134231

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by The Scientific Research Projects Coordination Unit of Munzur University. Project Number: YLMUB016-16.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors have declared no conflicts of interest for this article.

## RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

## REFERENCES

- Akdan, C., Kınık, Ö., and İçier, F. (2020). Determination of some properties of kefir produced with buffalo milk and other milk mixtures. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 39-50. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.775279>
- Anonymous. (1976). Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri. T.C. Tarım Orman ve Köy işleri Bakanlığı, Gıda İşleri Genel Müdürlüğü, No: 65, 796, Ankara.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., and Karademir, S.E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970–7981. <https://doi.org/10.1021/jf048741x>
- Arslan, S. (2015). A review: Chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir. *CyTA-Journal of Food*, 13(3), 340–345. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.981588>
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. (1997). *Official Methods of Analysis* (16th ed.) Association of Official Analytical Chemists Washington DC.
- Bekar, O., Yılmaz, Y., and Gulten, M. (2011). Kefir improves the efficacy and tolerability of triple therapy in eradicating *Helicobacter pylori*. *Journal of Medicinal Food*, 14(4), 344–347. <https://doi.org/10.1089/JMF.2010.0099>
- Bensmira, M., and Jiang, B. (2015). Total phenolic compounds and antioxidant activity of a novel peanut based kefir. *Food Science and Biotechnology*, 24(3), 1055–1060. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0135-7>
- Beshkova, D.M., Simova, E.D., Frengova, G.I., Simov, Z.I., and Dimitrov, Z.P. (2003). Production of volatile aroma compounds by kefir starter cultures. *International Dairy Journal*, 13(7), 529–535. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00058-X)
- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 181, 1199–1200.
- Cais-Sokolińska, D., Danków, R., and Pikul, J. (2008). Physicochemical and sensory characteristics of sheep kefir during storage. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 7(2), 63–73.
- Dinis, T.C.P., Madeira, V.M.C., and Almeida, L.M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315, 161–169.
- Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., and Nabavi, S.M. (2009). Antioxidant activities of methanol extract of *Sambucus ebulus* L. flower. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(5), 447–450. <https://doi.org/10.3923/PJBS.2009.447.450>
- Fahmy, H.A., and Ismail, A.F.M. (2015). Gastroprotective effect of kefir on ulcer induced in irradiated rats. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 144, 85–93. <https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOBIO.2015.02.009>
- Farnworth, E.R. (2005). Kefir—a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.1616/1476-2137.13938>
- Franco, M.C., Golowczyc, M.A., De Antoni, G.L., Pérez, P.F., Humen, M., and Serradell, M. de los A. (2013). Administration of kefir-fermented milk protects mice against *Giardia intestinalis* infection. *Journal of Medical Microbiology*, 62, 1815–1822. <https://doi.org/10.1099/JMM.0.068064-0>
- Guzel-Seydim, Z., Wyffels, J.T., Seydim, A.C., and Greene, A.K. (2005). Turkish kefir and kefir grains: microbial enumeration and electron microscopic observation. *International Journal of Dairy Technology*, 58(1), 25–29. <https://doi.org/10.1111/J.1471-0307.2005.00177.X>
- Irigoyen, A., Arana, I., Castiella, M., Torre, P., and Ibáñez, F.C. (2005). Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*, 90(4), 613–620. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2004.04.021>
- John, S.M., Deeseenthum, S., Luang-In, V., and Chottanom, P. (2021). Comparative analysis of volatile compounds and antioxidant activity of kefir produced by Thai black jasmine rice. *Penerbit UMT Journal of Sustainability Science and Management*, 16, 45–62. <https://doi.org/10.46754/jssm.2021.08.006>
- Karagozlu, C., Unal, G., Akalm, A.S., Akan, E., and Kinik, O. (2017). The effects of black and green tea on antioxidant activity and sensory characteristics of kefir. *Agro Food Industry Hi Tech*, 28(2), 77–80.
- Liu, J.-R., Chen, M.-J., and Lin, C.-W. (2005).

- Antimutagenic and antioxidant properties of milk-kefir and soymilk-kefir. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2467–2474. <https://doi.org/10.1021/jf048934k>
- Marazza, J.A., Nazareno, M.A., de Giori, G.S., and Garro, M.S. (2012). Enhancement of the antioxidant capacity of soymilk by fermentation with *Lactobacillus rhamnosus*. *Journal of Functional Foods*, 4, 594–601. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.03.005>
- Nurliyani, Sadewa, A.H., and Sunarti. (2015). Kefir properties prepared with goat milk and black rice (*Oryza sativa* L.) extract and its influence on the improvement of pancreatic  $\beta$ -cells in diabetic rats. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(10), 727–735. <https://doi.org/10.9755/EJFA.2015-04-138>
- Oyaizu, M. (1988). Antioxidative activities of browning products of glucosamine fractionated by organic solvent and thin-layer chromatography. *Japanese Society for Food Science and Technology*, 35(11), 771–775.
- Ozcan, T., Sahin, S., Akpinar-Bayizit, A., and Yilmaz-Ersan, L. (2019). Assessment of antioxidant capacity by method comparison and amino acid characterisation in buffalo milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1), 65–73. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12560>
- Perna, A., Simonetti, A., and Gambacorta, E. (2019). Phenolic content and antioxidant activity of donkey milk kefir fortified with sulla honey and rosemary essential oil during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1), 74–81. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12561>
- Sabokbar, N., and Khodaiyan, F. (2016). Total phenolic content and antioxidant activities of pomegranate juice and whey based novel beverage fermented by kefir grains. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 739–747. <https://doi.org/10.1007/S13197-015-2029-3/FIGURES/6>
- Sady, M., Domagała, J., Grega, T., and Najgebauer-Lejko, D. (2007). Sensory and physico-chemical properties of commercially available kefir. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 23((5-6)), 199–206.
- Saygılı, D. (2021). farklı protein katkılarıyla zenginleştirilmiş fermente süt içeceklerinin duyu tercihler ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi.
- Singleton, V.L., and Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Sodanlo, A., and Azizkhani, M. (2021). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of water-soluble peptides extracted from Iranian traditional kefir. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 27, 1441–1449. <https://doi.org/10.1007/s10989-021-10181-4>
- Turker, G., Kizilkaya, B., and Cevik, N. (2013). The mineral composition of kefir produced from goat and cow milk. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 62–65.
- Unal, G. (2012). Antioxidant activity of commercial dairy products. *Agro Food Industry Hi Tech*, 23(1), 39–42.
- Üstün-Aytekin, Ö., Şeker, A., and Arısoy S. (2020). The effect of in vitro gastrointestinal simulation on bioactivities of kefir. *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 283–292. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14274>
- Vuong, T., Martin, L., and Matar, C. (2006). Antioxidant activity of fermented berry juices and their effects on nitric oxide and tumor necrosis factor-alpha production in macrophages 264.7 gamma no(-) cell line. *Journal of Food Biochemistry*, 30(3), 249–268. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4514.2006.00054.X>
- Wang, Y., Jia, X.F., Zhang, B., Wang, Z.H., Zhang, J.G., Huang, F.F., Wang, H.J. (2018). Dietary zinc intake and its association with metabolic syndrome indicators among chinese adults: An analysis of the China nutritional transition cohort survey 2015. *Nutrients*, 10(5), 572. <https://doi.org/10.3390/NU10050572>
- Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., Akpinar-Bayizit, A., and Sahin, S. (2016). The antioxidative capacity of kefir produced from goat milk. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(1), 22–26.

## Yapıların Isıtma ve Soğutma Yükünün Yapay Zeka ile Tahmini

**Pelin Canbay\*, Hüseyin Taş**

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,  
Kahramanmaraş, Türkiye*

\*pelincanbay@ksu.edu.tr<sup>ID</sup>, htas19318@gmail.com<sup>ID</sup>

*Makale gönderme tarihi:24.08.2022, Makale kabul tarihi:26.10.2022*

### Öz

Küresel ısınma günümüzün en önemli problemlerinden biri haline gelmiştir. Bu durumun en büyük sebebi problemin etkilerini artık çok daha fazla hissetmemizdir. Küresel ısınma, atmosfere salınan gazların neden olduğu sera gazı etkisinin sonucunda, dünya üzerinde yıl boyunca kara, deniz ve havada ölçülen ortalama sıcaklıklarda görülen artıştır. Birçok alanda olumsuz etkileri görülen küresel ısınmanın en büyük sebebi insan faaliyetleridir. Bu faaliyetlerden en önemlisi elektrik tüketimi, ısınma ve taşımacılık için yakılan fosil yakıtlardır. Küresel ısınmanın olumsuz etkilerine daha fazla maruz kalmamak ve daha sağlıklı bir dünyada yaşamak için sürdürülebilir temiz enerji kaynaklarına yönelmeli ve enerjiyi verimli kullanmalıyız. Yapı sektörü enerji alanında önemli bir paya sahiptir. Binaların enerji verimliliği, ısıtma ve soğutma talebinin sistematik olarak azaltılmasıyla sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, yeni yapıların mimari tasarımını değerlendirerek yapıların ısıtma ve soğutma yükünü tahmin eden, tek çıktı ve çok çıktı regresyon yöntemleri kullanarak yapay zeka tabanlı bir çözüm önermekteyiz. Literatürde genellikle tek çıktı regresyon analizinin tercih edilmesi ile çözülmeye çalışılan bu gibi problemler için çalışmamızda çok çıktı analizlerin kullanımının daha uygun olacağı hem yapılan uygulamalar ile hem de araştırmalar ile sunulmuştur. Geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinin tek çıktı ve çok çıktı regresyon analizinde kullanıldığı çalışmamızda, probleme uygun parametreler ve katmanlar ile tasarlanan bir derin sinir ağı ile hem tek çıktı hem çok çıktı regresyon analizinde en yüksek başarı elde edilmiştir. Bu vesile ile enerji tüketimi bakımından yüksek maliyetli yapıların tespiti sonucunda daha enerji verimliliği yüksek yapıların inşa edilmesine öncelik verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Binalarda ısıtma/soğutma yükü, enerji verimliliği, yapay zeka

## Prediction of Heating and Cooling Loads of Buildings by Artificial Intelligence

### Abstract

Global warming has become one of the most important problems of our day. The biggest reason for this is that we feel the effects of the problem much more now. Global warming is the increase in the average temperatures measured in land, sea and air throughout the year as a result of the greenhouse gas effect caused by the gases released into the atmosphere. The biggest cause of global warming, which has negative effects in many areas, is human activities. The most important of these activities is fossil fuels burned for electricity consumption, heating and transportation. In order not to be more exposed to the negative effects of global warming and to live in a healthier world, we must turn to sustainable clean energy sources and use energy efficiently. The construction sector has an important share in the energy field. The energy efficiency of buildings can be achieved by systematically reducing the heating and cooling demand. In this study, we propose an artificial intelligence-based solution using single-output and multi-output regression methods to estimate the heating and cooling load of buildings by evaluating the architectural design of new buildings. For such problems, which are generally tried to be solved by the preference of single-output regression analysis in the literature, it has been presented in our study with both applications and research that the use of multi-output analyzes would be more appropriate. In our study, in which traditional machine learning methods were used in single-output and multi-output regression analysis, the highest success was achieved in both single-output and multi-output regression analysis with a deep neural network designed with parameters and layers suitable for the problem. Hereby, it is aimed to give priority to the construction of buildings with higher energy efficiency as a result of the determination of high cost structures in terms of energy consumption.

**Keywords:** Artificial intelligence, energy efficiency, heating/cooling load in buildings

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

## GİRİŞ

Küresel ısınma, özellikle fosil yakıtların (kömür, petrol ve gaz) yakılması ve büyük ölçekli ormansızlaştırma gibi, en önemlisi karbondioksit olan sera gazlarının atmosferde büyük miktarlarda emisyonuna neden olan, insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisine atıfta bulunan bir ifadedir (John Houghton, 2005). Küresel ısınma, kuraklık, hastalıklarda artış, şiddetli yağışlar, seller, orman yangınları gibi birçok olumsuz etkiye sebep olmaktadır. 21. Yüzyılda üzerinde tartışılan en önemli çevre sorunu küresel ısınmadır.

Dünya genelinde hızlı nüfus artışı ile birlikte her geçen gün enerjiye olan talep artmaktadır. Artan bu talebi karşılamak için fosil yakıtlar kullanılmakta ve enerjinin büyük bir kısmı ülkemize dışarıdan ithal edilmektedir. Fosil yakıt kullanımında ortaya çıkan sera gazının etkisiyle de küresel ısınma hız kazanmakta ve dünya her geçen gün biraz daha tahrip olmaktadır. Küresel enerji tüketiminin %40'lık kısmını inşa edilen yapılar oluşturmaktadır. Bu tüketimin sonucunda açığa çıkan karbon ayak izi, ulaşım araçlarının tamamında ortaya çıkan karbon ayak izi miktarından kat ve kat fazladır. Bu yüzden binalarda enerji verimliliğinin maksimum seviyede olması gerekmektedir. Küresel olarak kullanılan enerjinin büyük bir çoğunluğu binalar tarafından tüketilmektedir. Tablo 1'de, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'ndan alınmış (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019) enerjinin sektörel olarak kullanımı gösterilmektedir.

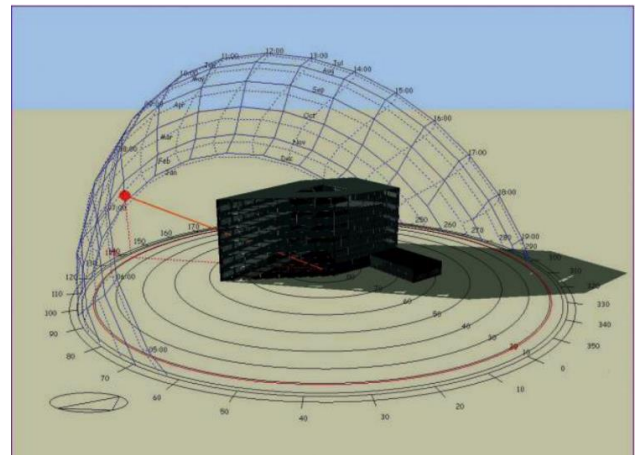
**Tablo 1. Enerjinin sektörel dağılımı**

Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Enerji ürünleri arzı	52.46	62.96	79.42	88.67	105.8	129.1	136.2	145.3	143.6
Çevrim ve enerji sektörü	10.22	12.44	17.83	18.34	26.04	29.67	31.65	33.52	34.51
Sanayi	13.64	15.98	22.87	26.41	26.07	32.15	33.25	35.32	36.22
Ulaştırma	8.72	11.07	12.01	1.84	16.31	24.93	26.81	28.42	28.45
Mesken ve hizmetler	15.35	17.51	19.55	22.28	27.76	32.32	33.22	36.01	33.07
Tarım ve hayvancılık	1.95	2.55	3.07	3.35	3.73	3.93	4.05	4.27	4.38
Enerji dışı tüketim	2.54	3.08	3.45	4.09	5.31	5.65	6.99	7.32	6.29

Tablo 1'de görüldüğü üzere Türkiye'de 2018 yılında kullanılan enerjinin %38'lik kısmı binalar ve konutlar tarafından kullanılmaktadır. Binalarda ise kullanılan enerjinin %85'lik kısmı ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılmaktadır ve bu değer sadece

Türkiye'de 2019 yılında toplamda 9,3 milyonun üzerinde olduğu düşünülmektedir. Bu rakamlara bakıldığında binalarda uygulanacak enerji verimliliğinin ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Binaların ısıtma ve soğutma yükünü daha verimli hale getirebilmek için binanın mimarı yapısı önemli bir yer tutmaktadır. Binanın güneşe olan açısı, binadaki cam alanı, binanın toplam yüzey alanı gibi parametreler büyük önem taşımaktadır. Örneğin ofis binalarında, yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %20'si aydınlatma kaynaklı olduğundan dolayı, binanın güneş ışığından doğal aydınlatmadan faydalanması büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden binanın güneşe göre konumu ısıtma yüküne ve aydınlatmaya fayda sağlamaktadır. Binaların cam alanı ve dağılımı da enerjinin etkin kullanılmasında büyük önem taşımaktadır. İnşa edilen cam alanı ve dağılımı sayesinde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı güneşten sağlanabilmektedir. Eğer cam alanı ve dağılımı dengesiz ise güneşten alınan verim az olabilmektedir veya çok fazla güneş enerjisi geldiğinden dolayı bina çok fazla ısı almaktadır. Bu nedenle de soğutma yükü artmaktadır. Binanın güneşe olan konumu, cam alanı ve dağılımı ısıtma ve soğutma yükünü büyük oranda etkilemektedir. Bu yüzden güneşten en optimum şekilde faydalanmak gerekmektedir. Şekil 1'de binanın güneşe olan ilişkisi (Yöntem, S. T, 2016) gösterilmektedir.



**Şekil 1. Binanın konumu ve güneş ile ilişkisi**

Bu çalışmada University of California, Irvine Machine Learning Repository'den alınmış, simüle edilen 12 farklı bina şekli kullanılarak toplamda 768 örnekten elde edilen veri seti (University of

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1166227

California Machine Learning Repository, 2012) kullanılmıştır. Bu veri seti binaya ait bazı mimari özellikleri içermektedir. Çalışmamızda, bu veri setinden yararlanarak binaların mimari yapısına bağlı olarak, daha inşa edilmeden, binalar için gerekli olan ısıtma ve soğutma yükünü tahmin eden yapay zeka tabanlı bir çözüm sunmaktayız. Hem ısıtma ve soğutma yükünü ayrı birer regresyon problemi olarak hem de iki değeri birlikte çoklu-çıkıtlı (multi-output) regresyon problemi olarak bu çalışmada, geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri ile ele almış bulunmaktayız. Böylece ısıtma ve soğutma yükleri arası bağlantının da kesilmeden değerlerin tek çıktıda tahminlemesini yapay zeka yöntemleri ile gerçekleştirmiş bulunmaktayız. Ek olarak, probleme uygun bir Derin Sinir Ağları (Deep Neural Network-DNN) mimarisi geliştirilerek hem tek çıktılı hem çok çıktılı bir regresyon modeli tasarlanmış ve geliştirilen bu model ile diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Böylece binaların inşa edilmeden önce ne kadar enerjiye ihtiyaç duyacağı tespit edilip enerji verimliliğini artırıcı ve bu yapıların çevreye vereceği zararı azaltıcı önlemlerin erkenden alınabilmesi için yapay zekadan faydalanılabilecektir.

## İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, binalarda ısıtma ve soğutma yükünü tahmin eden yapay zeka tabanlı çalışmalar incelenmiş, çalışmamız ile benzer ve farklı yönleri açıklanmıştır.

Peker M. ve arkadaşları (Peker M., Özkaraca O. ve Kesimal B. 2017), binalarda ısıtma ve soğutma yüklerini tahmin etmek amacıyla yapmış oldukları regresyon tabanlı makine öğrenmesi çalışmalarında 4 farklı algoritma üzerinden eğitim gerçekleştirmişlerdir. KNN, SVM, Lineer Regresyon ve Random Forest algoritmalarını kullanmışlardır. Yazarlar çalışmalarında bizim de çalışmamızda kullanmış olduğumuz veri kümesini kullanmışlardır. Çalışmada ısıtma ve soğutma yükleri için ayrı ayrı olarak model eğitimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında binaların ısıtma ve soğutma yükünü tahmin etmede en başarılı model Random Forest algoritması kullanılarak elde edilmiştir.

Turhan C. ve arkadaşları (Turhan C., Gökçen G. ve Kazanasmaz T., 2013), yapay sinir ağları ile İzmir'deki çok katlı binaların toplam enerji tüketiminin tahmin edilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarında İzmir'de

bulunan 3 değişik ilçedeki (Konak, Karabağlar ve Balçova) 5 ile 11 kat arasındaki 148 binadan toplamış olduğu verileri kullanmışlardır. Bu veri setinde bina kat sayısı, alan-hacim oranı, yalıtım varlığı, toplam duvar ısı geçirgenlik katsayısı, toplam dış yüzey alanı, imar durumu ve cam ve ısıtma sistem tipi gibi özellikler yer almaktadır. Bu özellikler üzerinden makine öğrenmesi tabanlı bir yapay zeka modeli geliştirmişlerdir.

Roy S. S. ve arkadaşları (Roy, S. S., Samui, P., Nagtode, I., Jain, H., Shivaramakrishnan, V. and Mohammadi-Ivatloo, B., 2020), binalarda ısıtma ve soğutma yükünü tahmin etmek için çalışmamızda kullanmış olduğumuz veri setini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarında Gaussian process, Linear Regression, ANN, RBF network ve SVM algoritmaları kullanmışlardır. Bu veri setini kullanarak makine öğrenmesi tabanlı regresyon modeli geliştirmişlerdir. Isıtma ve soğutma yükü için ayrı ayrı modeller eğitilen çalışmada, en başarılı algoritma Linear Regression olmuştur.

Moayedi H. ve arkadaşları (Moayedi, H., Bui, D. T., Dounis, A., Lyu, Z., and Foong, L. K., 2019), binalarda ısıtma ve soğutma yükünü tahmin etmek için çalışmamızda kullanmış olduğumuz veri setini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu veri setini kullanarak makine öğrenmesi tabanlı regresyon modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarında LazyLWL, Alternating Model Tree, Random Forest ElasticNet, MLP Regressor ve RBF Regressor algoritmalarını kullanmışlardır. Isıtma ve soğutma yükleri için ayrı ayrı olarak model eğitimi gerçekleştirmişlerdir. Isıtma ve soğutma yükü için en başarılı olan algoritma Random Forest algoritması olmuştur.

Çalışmamızda literatürden farklı olarak ısıtma ve soğutma yükleri, geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri ile hem ayrı ayrı regresyon problemi olarak ele alınmış hem de çoklu-çıkıtlı (multi-output) regresyon problemi olarak, çıktılar arası ilişkinin korunması sağlanarak birlikte tahminlenmiştir. Yapılan uygulamalara ek olarak problemin DNN kullanılarak da değerlendirilmesi yapılmış ve hem tek çıktılı regresyon modellerinden hem de çok çıktılı modellerden elde edilen mevcut sonuçlardan daha başarılı tahmin modeli tasarlanan DNN modeli ile elde edilmiştir.

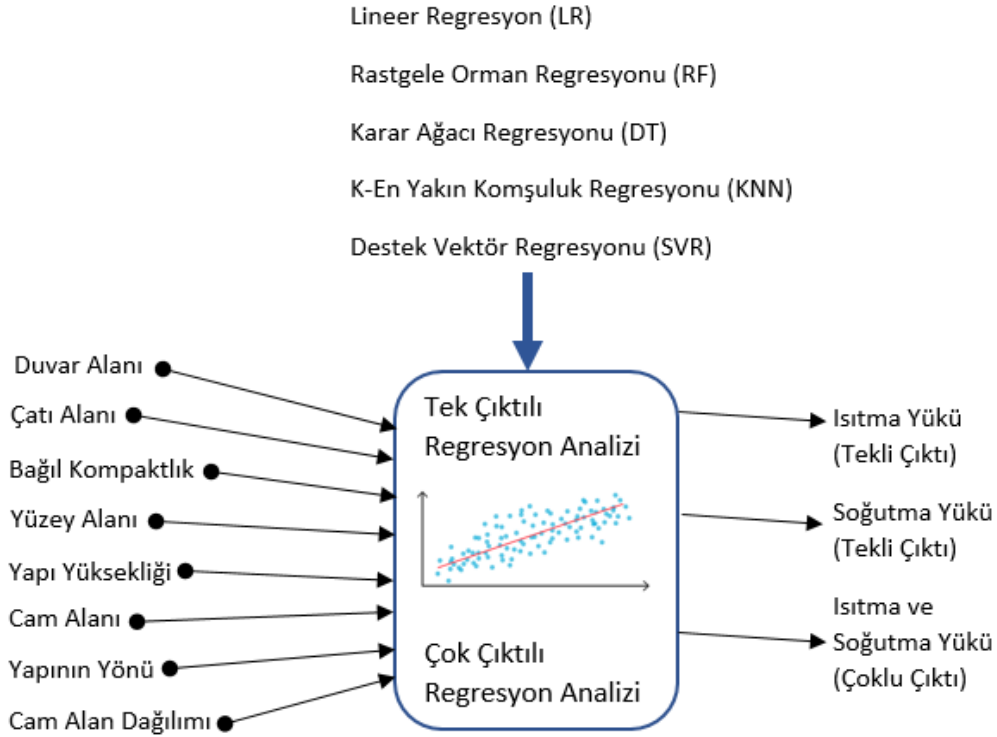
Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

## MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, literatürde çok hedefli (Appice, A. and Džeroski, S., 2007), çok değişkenli (Breiman, L. and Friedman, J. H. (1997) veya çok yanıtı (Similä, T. and Tikka, J., 2007) regresyon olarak da bilinen çok çıktılı (multioutput) regresyon, birden çok gerçek değerli çıktı/hedef değişkenini aynı anda tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Tekli regresyondaki çıktılar arası bileşik bağımlılıkları göz ardı etme durumu çok çıktılı yöntemlerde olmadığından, çok çıktılı regresyon yöntemlerinin genel olarak tek çıktılı yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi bir tahmin performansı sağlandığı ve çıktılar arası ilişkinin korunduğu birçok çalışma tarafından kanıtlanmıştır (Borchani, H., Varando, G., Bielza, C. and Larranaga, P., 2015; Han, Z., Liu, Y., Zhao, J. and Wang, W., 2012).

Çalışmamızda kullanılan modelin eğitilmesi aşamasında ise geleneksel makine öğrenmesi

yöntemlerinden Lineer Regresyon (Linear Regression - LR), Rastgele Orman (Random Forest - RF), Karar Ağacı Regresyonu (Decision Tree Regressor- DT), K-En Yakın Komşuluk Regresyonu (K-Nearest Neighbor Regression – KNN) ve Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression – SVR) algoritmaları hem tek değer tahminlemede hem de çoklu değer tahminlemede kullanılarak veri seti üzerinden eğitim işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca problem uygun parametreler ve katmanlar ile tasarlanan bir DNN modeli ile de hem tek çıktılı regresyon analizinde hem çok çıktılı regresyon analizinde geleneksel yöntemlere göre de daha yüksek doğrulukta tahminleme yapılmıştır. Bu aşama, veri seti içerisindeki öznitelikler arasındaki gizli ilişkileri ortaya çıkararak ısıtma ve soğutma yükünü bir formüle oturtur. Çalışmamızda kullanılan geleneksel modellerin akışı Şekil 2'de yer almaktadır.



Şekil 2. Geleneksel modellerin işlem akışı

Kullanmış olduğumuz algoritmaların optimize edilebilir parametrelerinin güncellenmesi ile başarı oranının artırılması kısmen sağlanabilmektedir. Çalışmamızda, GridSearchCv algoritması kullanılarak makine öğrenmesi algoritmalarının başarı oranını maksimum hale getirecek parametre

kombinasyonun bulunmasını sağlanmıştır. En iyi parametre kombinasyonu bulunduktan sonra bu kombinasyon ile tekrar model eğitimi gerçekleştirilmektedir.

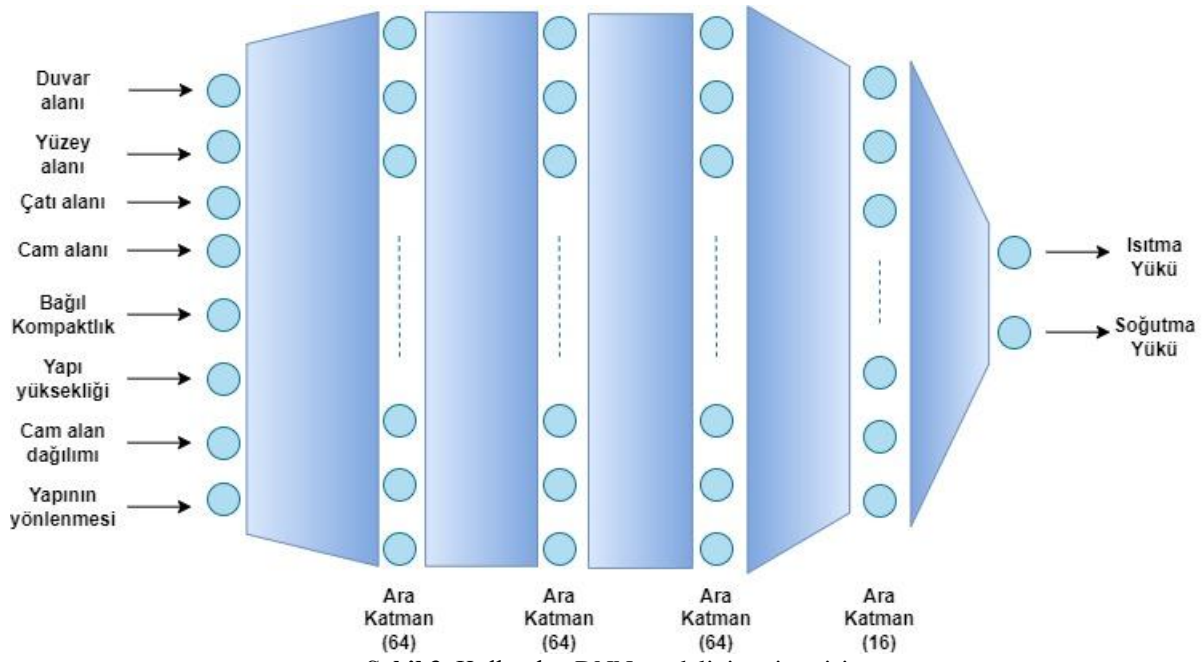
Geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinin çok çıktılı performanslarını kıyaslamak ve ele

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

aldığımız probleme daha başarılı bir çözüm sunabilmek için tasarladığımız DNN modelinin parametreleri kaba kuvvet yöntemi ile belirlenmiş olup, en uygun parametreler Tablo 2’de verilmiştir. Geliştirilen modelin mimarisi Şekil 3’te sunulmuştur.

**Tablo 2.** DNN modelinde kullanılan parametreler

Parametre Adı	Parametre Değeri
Aktivasyon Fonksiyonu	Rectifier Linear Unit (relu)
Kernel Başlangıcı	Normal Dağılım
Optimizasyon Fonksiyonu	Adam
Epochs	1000
Batch Boyutu	64
Kayıp Fonksiyonu	MSE



Şekil 3. Kullanılan DNN modelinin mimarisi

University of California, Irvine Machine Learning Repository sitesinde yer alan Oxford Üniversitesi Endüstri ve Uygulamalı Matematik Merkezi tarafından oluşturulan Enerji Verimliliği veri seti çalışmamızda binalardaki ısıtma ve soğutma yükünün tahminlenebilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu veri seti farklı bina parametrelerine sahip olan 768 örnek, 8 öznitelik ve 2 çıktıdan oluşan bir veri setidir. Bu veri setinde duvar alanı, binanın yüzey alanı, binanın yönü, binanın cam alan dağılımı, cam alanı, binanın toplam yüksekliği, çatı alanı ve bağlı kompaktlık gibi bina ile ilgili farklı özellikler içermektedir. Veri seti orijinalinde öznitelik isimleri X1, X2 şeklinde isimlendirilmiştir. Çalışmamızda veri setine ait doküman incelenerek öznitelik isimleri değiştirilmiştir. Veri setindeki her bir örnek (sıra), farklı binalara ait özellikleri içermektedir. Tablo 3’te,

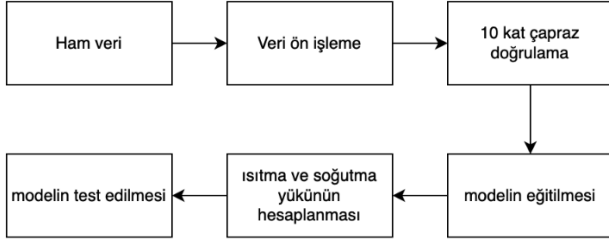
kullanılan veri setinde bulunan öznitelikler açıklanmaktadır.

**Tablo 3.** Kullanılan veri seti ve özellikleri

Öznitelikler	Açıklaması
Bağlı Kompaktlık	Yapının dış mimarisinin bütünlüğünü belirten parametre
Yüzey alanı	Yapının dış yüzey alanı
Duvar alanı	Yapının toplam duvar alanı
Çatı alanı	Yapının toplam çatı alanı
Yapı yüksekliği	Yapının toplam yüksekliği
Yapının yönlenmesi	Yapının cephe yönelmesi
Cam alanı	Yapının toplam cam alanı
Cam alan dağılımı	Yapının cam alanlarının toplam yapının dış alanlarına oranı

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

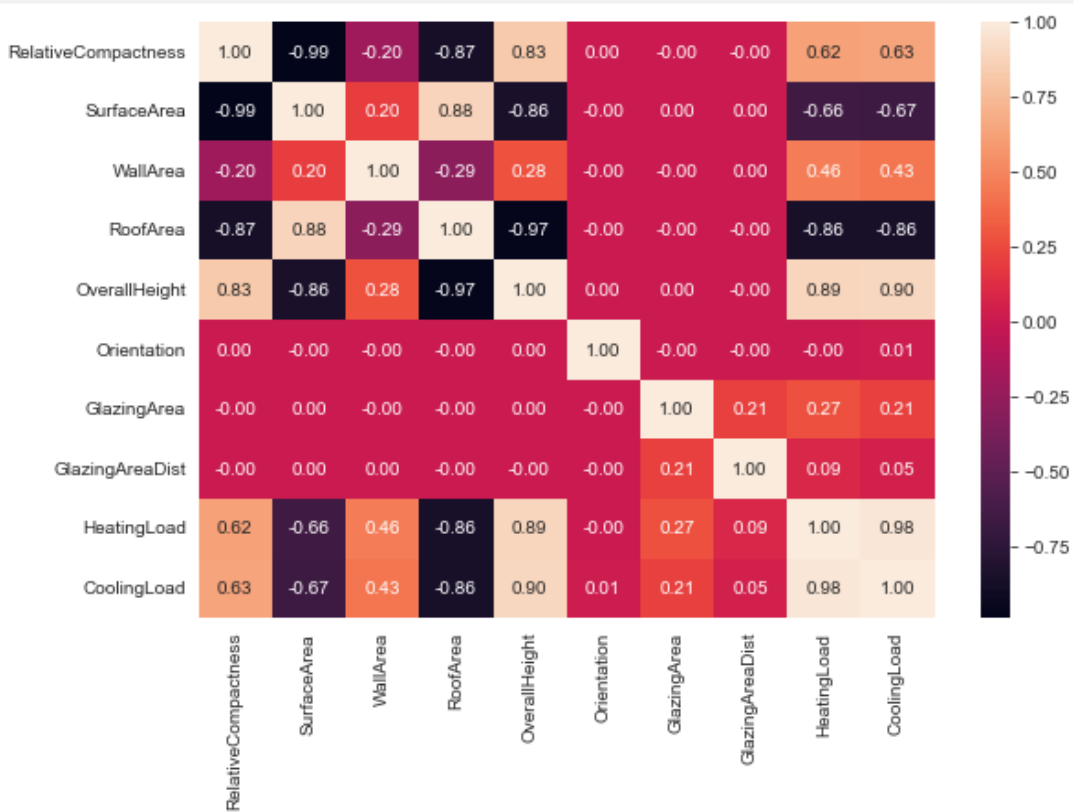
Binalardaki ısıtma ve soğutma yükünün hesaplanması için uygulanan işlemlerin akışı Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Kullanılan işlemler akışı

Veri ön işleme makine öğrenmesi modelini kurmadan önce veri setindeki aykırı değerleri kaldırma, eksik verileri düzenleme ve verileri dönüştürme gibi işlemleri kapsamaktadır. Veri ön işleme aşlında veri setini modele girebilmesi için hazır hale getirir ve yapay zeka modelinin başarısı için önemlidir. Çünkü, veri setinde eksik veri

bulunması veya aykırı veriler bulunması modelin başarı oranını düşürmektedir. Çalışmamızda, veri seti ön işleme adımında aykırı değer analizi ve eksik değer analizi gibi işlemler yapılmıştır. Yapılan ön işleme sonucunda veri setinde eksik veri olmadığı görülmüştür. Veri setinde aykırı değer analizi sonucunda aykırı değer tespit edilmemiştir. Ayrıca kullanılan yöntemlerin performansını arttırmak ve daha standart sonuçlar elde edebilmek için veri seti StandartScaler fonksiyonu ile ölçeklendirilmiştir. Öznitelikler arasındaki korelasyona bakarak veri içindeki ilişkileri görebilmek için veri setine görselleştirme işlemi uygulamaktayız. Şekil 5'te verideki öznitelikler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik yer almaktadır. Bu grafiğe bakıldığında binanın toplam yüksekliğinin (Overall Height) ısıtma yüküne %89 ve soğutma yüküne %90 pozitif yönde etkisi olduğu gibi, öznitelikler arası ve kullanılan öznitelikler ile hedef değişkenler arası ilişki görülebilmektedir.



Şekil 5. Korelasyon Grafiği

Önerilen yöntemdeki 10-katlı çapraz doğrulama ile kullanılan modellerin doğruluk oranları sınanmaktadır. Böylece modellerin başarısı tek bir

ayrım için değil on farklı ayırım için test edilmiş olmaktadır. Sonuç olarak 10 kat çapraz doğrulama modelin başarısının doğruluk değerinin rastgele olup



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1166227

olmadığını sınamakta ve bize doğrulanmış başarı oranını vermektedir.

Uygulamalar 2.40 GHz Intel Core i5-9300H işlemci, 16GB RAM ve windows10 işletim sistemine sahip bir sistem ve Anaconda dağıtımı üzerinden jupyter lab kullanılarak Python programlama dili ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan modellerin test edilme aşamasında ise model eğitimi gerçekleştirildikten sonra modelin başarı oranı test edilmektedir. Bu aşamada regresyon performans metrikleri kullanılarak modelin başarı oranı bulunmaktadır.

### Regresyon Modeli Performans Ölçüm Metrikleri

Ele aldığımız problem özelinde kurmuş olduğumuz modellerin performans başarısını bilmek önem arz etmektedir. Regresyon algoritmalarının performanslarının ölçülmesi için çoğunlukla MSE (Hata Karelerinin Ortalaması), RMSE (Kök Ortalama Karekök Hatası), MAE (Ortalama Mutlak Hata) ve R<sup>2</sup> Score (R kare) metrikleri kullanılmaktadır. Sırasıyla eşitlik (1), (2), (3) ve (4)'te verilen metrikler çalışmamızda kullandığımız modellerin başarısını ölçmek ve karşılaştırma yapabilmek için kullanılmıştır.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{RES}}{SS_{TOT}} = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (4)$$

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda öncelikle, DT, RF, LR, KNN ve SVR algoritmaları hem tek çıktılı hem çok çıktılı yapıda kullanılarak binaların 8 farklı özelliği üzerinden, binaların ısıtma ve soğutma için ihtiyaç duyacakları enerji tüketimini tahminleyen yapay zeka modelleri eğitilmiştir. Değerlendirdiğimiz bu modeller için en iyi hiperparametre kombinasyonu GridSearchCv algoritması ile tespit edildikten sonra

ilgili parametreler ile modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan tüm modellerimizin başarısı 10 katlı çapraz doğrulama ile test edilmiştir. Önerilen yöntemler ile elde edilen sonuçlar Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmektedir.

**Tablo 4.** Isıtma yükü tahmini için elde edilen sonuçlar

Method	MSE	MAE	RMSE	SCORE
LR	9,15	2,18	3,02	0,91
RF	0,24	0,35	0,49	0,99
DT	0,38	0,42	0,62	0,99
KNN	5,36	1,46	2,31	0,95
SVR	7,97	1,88	2,82	0,92

**Tablo 5.** Soğutma yükü tahmini için elde edilen sonuçlar

Method	MSE	MAE	RMSE	SCORE
LR	9,89	2,19	3,14	0,89
RF	2,97	1,07	1,72	0,96
DT	4,09	1,14	2,02	0,95
KNN	6,25	1,61	2,50	0,93
SVR	10,62	2,12	3,25	0,88

**Tablo 6.** Çok çıktılı Regression yöntemi için ısıtma ve soğutma yükü tahmininde edilen sonuçlar

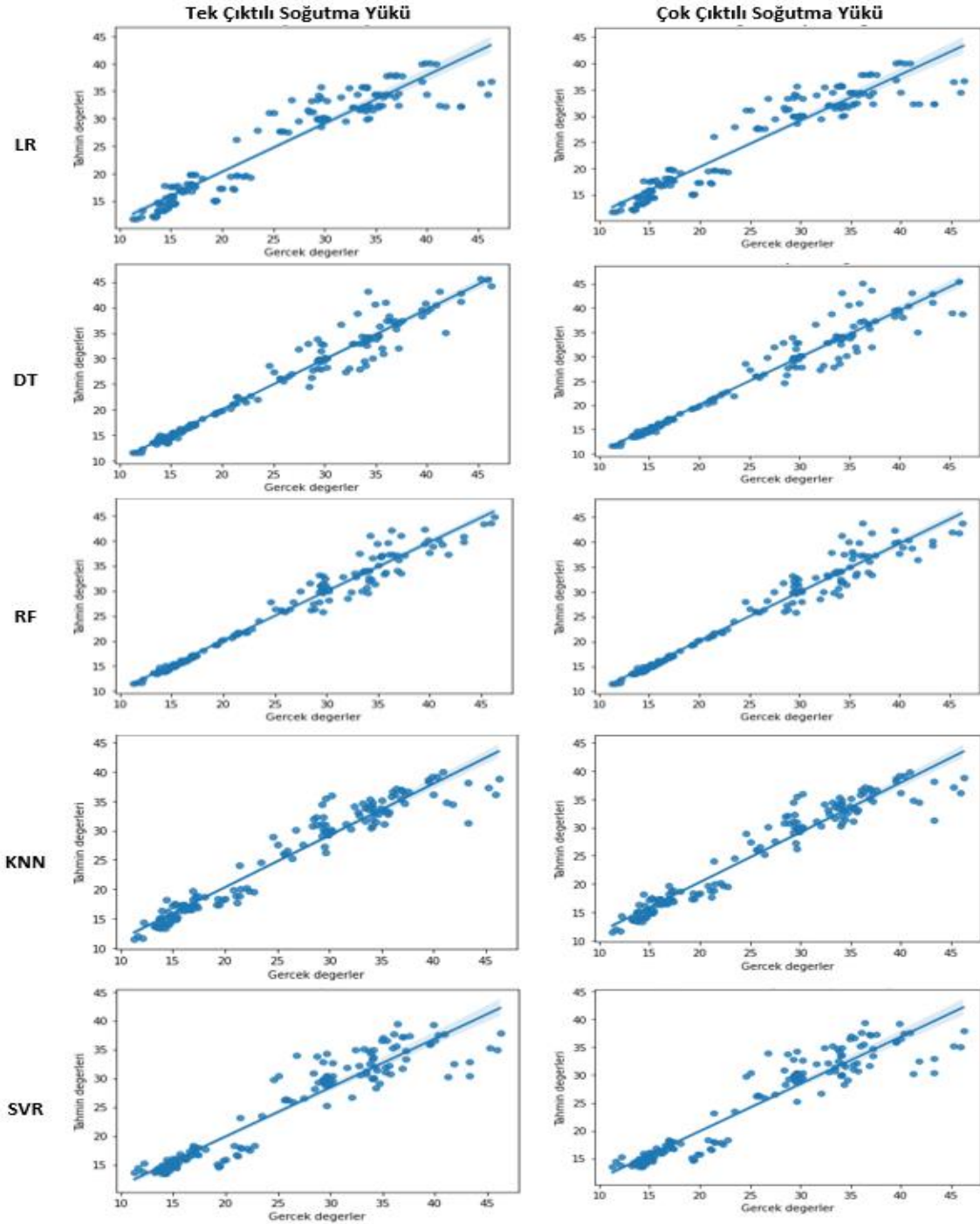
Method	MSE	MAE	RMSE	SCORE
LR	9,52	2,18	3,08	0,90
RF	1,97	0,75	1,40	0,98
DT	2,90	0,83	1,71	0,96
KNN	5,80	1,53	2,41	0,94
SVR	9,29	2,01	3,05	0,90

Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6 incelendiğinde, belirlenen ölçekler bakımından tek çıktılı ve çok çıktılı regresyon modelleri arasında belirgin bir fark bulunmadığı görülmektedir. Değerlendirilen modeller eğitildikten sonra en başarılı sonuçlar, her iki regresyon yaklaşımında da RF algoritması üzerinden alınmıştır. RF regresyon algoritması, ele alınan problemin çözümüne yönelik çok sayıda karar ağacı oluşturarak çalışan bir topluluk öğrenme yöntemidir (Utku, A. and Can, U., 2022). RF, bir veri kümesinin çeşitli alt kümelerinde bir dizi karar ağacı işletir ve bu veri kümesinin tahmin doğruluğunu iyileştirmek için karar ağaçlarının sonuçlarının ortalamasını alır. Bu durum da nispeten az sayıda verisi bulunan ve dağılım çeşitliliği çok olmayan,

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

çalışmamızda kullandığımız gibi veri kümelerinde RF algoritması ile daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Şekil 6 ve Şekil 7'de

tahmin edilen çıkış değerleri ile gerçek değerler arasındaki regresyon grafikleri sunulmuştur.



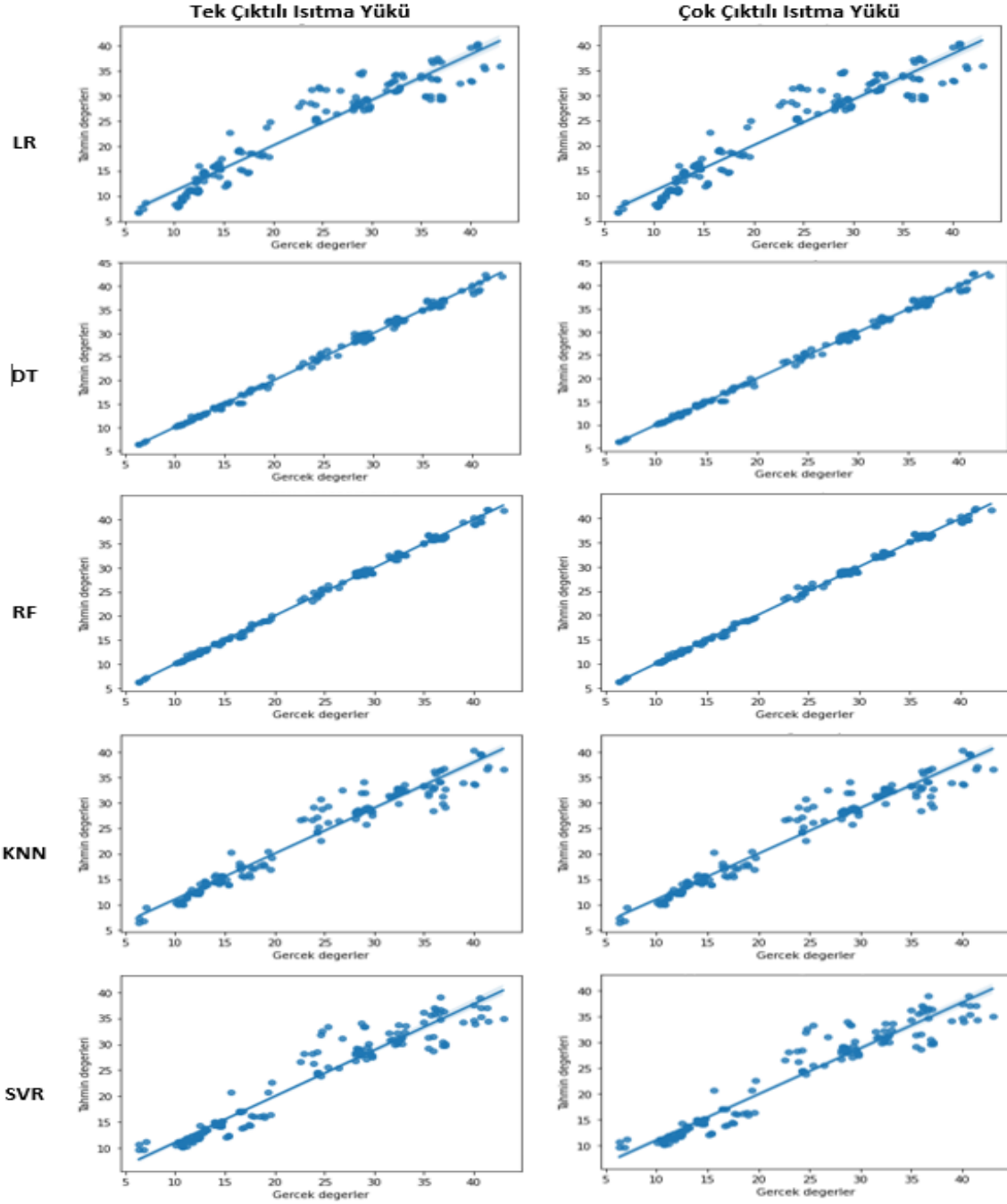
Şekil 6. Soğutma yükü için elde edilen regresyon grafikleri (tekli regresyon sonuçları solda, çoklu regresyon sonuçları sağda)

Çalışmamızda da geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinden en iyi sonucu veren algoritmanın RF olması, RF algoritmasının yetersiz dağılımı daha iyi yönetebilmesine bağlanmıştır. Diğer kullanılan

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

algoritmalar da başarı olarak yakın performans göstermektedir. RF algoritmasına göre sonuçları değerlendirirsek, tek çıktılı regresyon ile ısıtmadan elde edilen score değeri yüzde 99, soğutmadan elde edilen score değeri yüzde 96 ile ortalamada yüzde

97,5 başarı elde edilmiştir. Bu değer çok çıktılı regresyondan elde edilen başarı ile kıyaslandığında, çok çıktılı regresyon ile yüzde 0,5 oranında bir yükseliş gözlemlenebilmektedir.



Şeki1 7. Isıtma yükü için elde edilen regresyon grafikleri (tekli regresyon sonuçları solda, çoklu regresyon sonuçları sağda)

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

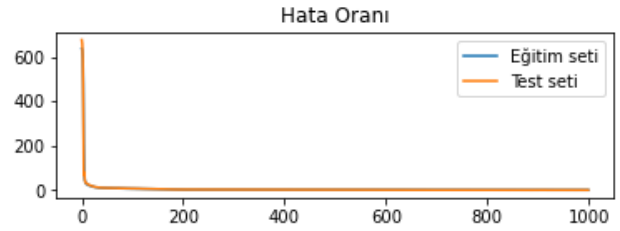
**Tablo 7.** Tasarlanan DNN modelinin tekli ve çoklu çıktı sonuçları

	Method	MSE	MAE	RMSE	SCORE
ISITMA	RF	0,24	0,35	0,49	0,99
	Tasarlanan DNN modeli	<b>0,21</b>	<b>0,34</b>	<b>0,46</b>	<b>0,99</b>
SOĞUTMA	RF	2,97	1,07	1,72	0,96
	Tasarlanan DNN modeli	<b>1,32</b>	<b>0,71</b>	<b>1,15</b>	<b>0,98</b>
ÇOK ÇIKTILI	RF	1,97	0,75	1,40	0,98
	Tasarlanan DNN modeli	<b>0,40</b>	<b>0,46</b>	<b>0,63</b>	<b>0,99</b>

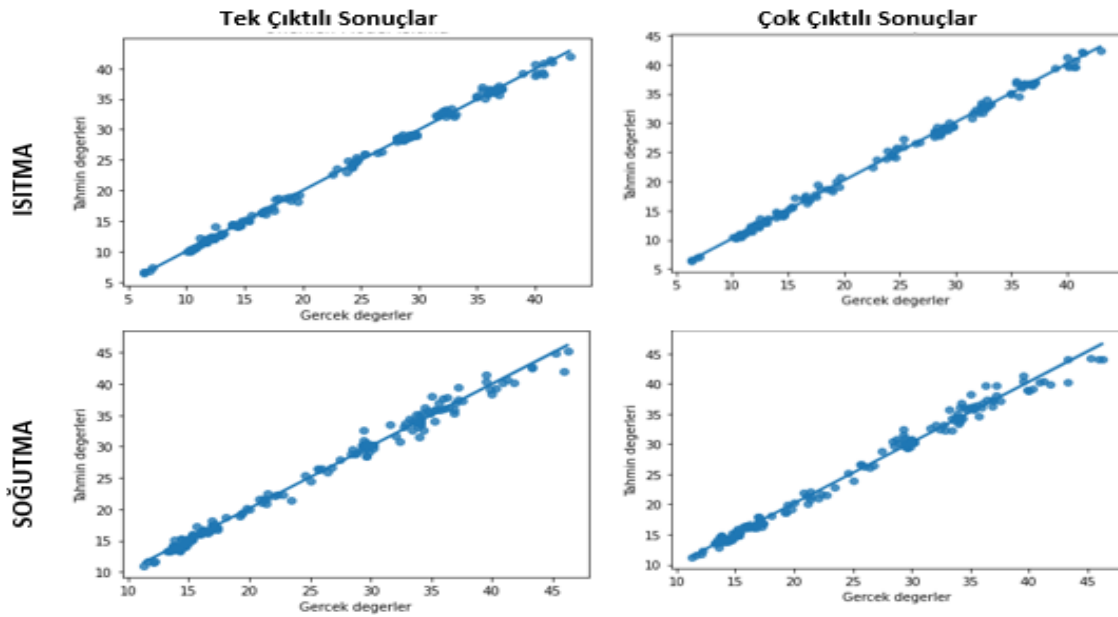
Tablo 7’de görülebileceği üzere, Tasarlanan DNN modeli ile hem tek çıktılı Tasarlanan DNN modelinin mse kayıp değerinin eğitim süresince, eğitim ve test setindeki değişimini gösteren grafik Şekil 8’de sunulmuştur.

Yapay Sinir Ağları, verilen örnekler üzerinden öğrenme gerçekleştiren, örneklerin değerlerine göre ağırlıklarını güncelleyerek problem ve verilen

örneklerle uygun çözüm üreten bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Sinir ağları arasındaki katmanların artırılması ve katmanlar arası yapılan işlemlerin çeşitlendirilmesi ile geliştirilen DNN modelleri ile birçok problem ve veri kümesi üzerinde çok daha başarılı sonuçlar elde edilmesine vesile olmuştur. Çalışmamızda tasarlamış olduğumuz DNN modeli 1000 döngü (epoch) sonucunda kullandığımız verinin probleme ne uygun çözümünü öğrenmiştir. Tasarlanan model hem tek çıktılı regresyon analizinde (ısıtma ve soğutma yüklerinin ayrı ayrı öğrenilmesinde) hem de çok çıktılı regresyon analizinde geleneksel modellerden daha yüksek başarılı, daha düşük hatalı sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 9’da tasarlanan DNN modeli ile elde edilen tek çıktılı ve çok çıktılı ısıtma/soğutma yüklerinin dağılım grafikleri sunulmuştur.



**Şekil 8.** Tasarlanan DNN modelinin öğrenme süreci



**Şekil 9.** Tasarlanan DNN modeli ile elde edilen sonuçların dağılım grafiği

## SONUÇ

Isıtma yükü, sıcaklığın bir kabul edilebilir aralıkta muhafaza edilmesi için bir boşluğa eklenmesi gereken ısı enerjisinin miktarı; soğutma yükü, sıcaklığı kabul edilebilir bir aralıkta tutmak için bir boşluktan (soğutma) alınması gereken ısı enerjisinin miktarı olarak tanımlanmaktadır. Isıtma ve soğutma yükünü etkileyen birçok parametre vardır. Özellikle yapıların mimarisi ve konumu bu konuda oldukça önem arz etmektedir. Binalarda ısıtma ve soğutma yüklerinin önceden tahmin edilebilmesi bu yüklerin maliyetinde büyük bir tasarruf sağlanmasına olanak sunacaktır. Bu sebeple, eski bina verilerine dayalı olarak yeni binaların ısıtma ve soğutma yükünün en az hata oranı ile tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yapay zeka algoritmaları ile regresyon analizi kullanılarak tahminlenebilecek bu gibi problemlerin çözümünde literatürde genellikle tek çıktılı çözümler tercih edilmiştir. Oysaki ısıtma ve soğutma yükü gibi hem girilen bina özelliklerine hem de birbirine bağlı değerlerin tespiti için çok çıktılı regresyon analizlerinin yapılmasının daha uygun olduğu birçok çalışma ile ispatlanmıştır. Çalışmamızda, yapılarda ısıtma ve soğutma yükünü daha iyi tahminlenebilmesi için geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri ile çok çıktılı ve tek çıktılı regresyon yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, çok çıktılı regresyon problemlerinde çıktılarının bir arada tahminlenmesi ile daha anlamlı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Geleneksel yöntemlere ek olarak hem tek çıktılı hem çok çıktılı regresyon analizi için, ele alınan problem ve kullanılan verilere uygun bir DNN modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan model ile hem tek çıktılı (ısıtma ve soğutma yüklerinin ayrı ayrı tahminlendiği) hem çok çıktılı regresyon analizinde tasarlanan DNN modeli ile, diğer yöntemlere oranla çok daha düşük hata oranlarında sonuçlar elde edilmiştir. Tasarlanan DNN modeli ile elde edilen tahminleme başarısının 0,99 değerlerine ulaşması, yapılarda ısıtma ve soğutma yükünün daha yapılar inşa edilmeden yüksek başarı ile tahminlenebileceğini göstermiştir. Kullanılan veri seti daha fazla genişleterek daha karmaşık algoritmalar ile farklı yapılar için de sonuçlar almak ileriki çalışmalarda hedeflenmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyduğunu beyan eder.

## KAYNAKÇA

- Appice, A. ve Džeroski, S. (2007). Stepwise induction of multi-target model trees. In European conference on machine learning (pp. 502-509). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Borchani, H., Varando, G., Bielza, C. and Larranaga, P. (2015). A survey on multi-output regression. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 5(5), 216-233.
- Breiman, L. ve Friedman, J. H. (1997). Predicting multivariate responses in multiple linear regression. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 59(1), 3-54.
- Han, Z., Liu, Y., Zhao, J. ve Wang, W. (2012). Real time prediction for converter gas tank levels based on multi-output least square support vector regressor. Control Engineering Practice, 20(12), 1400-1409.
- Houghton, J. (2005). "Global warming". In: Reports On Progress In Physics, 68(6), p. 1343.
- Moayed, H., Bui, D. T., Dounis, A., Lyu, Z. ve Foong, L. K. (2019). Predicting heating load in energy-efficient buildings through machine learning techniques. Applied Sciences, 9(20), 4338.
- Peker M., Özkaraca O. ve Kesimal B. (2017). Enerji tasarruflu bina tasarımı için ısıtma ve soğutma yüklerini regresyon tabanlı makine öğrenmesi algoritmaları ile modelleme. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(4), 443-449.
- Roy, S. S., Samui, P., Nagtode, I., Jain, H., Shivaramakrishnan, V. ve Mohammadi-Ivatloo, B. (2020). Forecasting heating and cooling loads of buildings: A comparative performance analysis. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 11(3), 1253-1264.
- Similä, T. ve Tikka, J. (2007). Input selection and shrinkage in multiresponse linear regression. Computational Statistics & Data Analysis, 52(1), 406-422.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2019), URL: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sectorleregore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800>.
- Turhan C., Gökçen G. ve Kazanasmaz T. (2013). Yapay sinir ağı ile İzmir'deki çok katlı binaların toplam enerji tüketimlerinin tahmin edilmesi.

*Research article/Araştırma makalesi*  
DOI:10.29132/ijpas.1166227

- University of California Machine Learning Repository (2012), URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/energy+efficiency>.
- Utku, A. ve Can, U. (2022). Machine Learning-Based A Comparative Analysis for Air Quality Prediction. 30th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU55565.2022.9864701.
- Yöntem, S. T. (2016). Çevre Dostu Binalarda Enerji Verimliliği Örnek Uygulamalar. Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Teknik Yardım Projesi, 1, 39.

## Trafik Kazalarının Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Analizi ve Tahmini: Kahramanmaraş İçin Örnek Bir Çalışma

Hüseyin Bolat<sup>1</sup>, Melih Yücesan<sup>2</sup>, Anıl Utku<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Munzur Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Bölümü, Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup> Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Tunceli, Türkiye

<sup>3</sup> Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

huseyinbolat@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, melihyucesan@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>, \*anilutku@munzur.edu.tr<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi:16.08.2022 Makale kabul tarihi:26.10.2022

### Öz

Dünyada her yıl 1 milyonun üzerinde ölümlü, 50 milyona yakın yaralanmalı trafik kazası meydana gelmektedir. Bu kazalarda ortalama her 2 saniyede bir trafik kazası yaşanırken her 50 saniyede bir ölümcül kaza ile sonuçlanmaktadır. Bu çalışmada, 2017 ile 2020 yılları arasında Kahramanmaraş il merkezi ve ilçelerinde gerçekleşen 28 adet öznitelikten oluşan 7929 adet trafik kazası makine öğrenme teknikleri ile analiz edilmiştir. Trafik kazalarının analizinde sınıflandırma, birliktelik kuralı ve görsel karşılaştırma yöntemleri kullanılmıştır. Sınıflandırma için NB, SVM, kNN, PART, AdaboostM1, J48 ve RF algoritmaları kullanılmıştır. Trafik kazalarının sınıflandırılmasında J48 algoritması en başarılı sonuçları elde etmiştir. Naive Bayes algoritmasının başarı düzeyi kötü olmasa da diğer algoritmalara oranla daha düşük kalmıştır. Tüm yöntemlerin ortak sonucu gelecekte yaşanabilecek ölümle ve yaralanmalı potansiyel kazaların daha çok sabah saat 04:00 ile 08:00 ve akşam saat 16:00 ile 20:00 arasında, Kahramanmaraş il merkezi ve Onikişubat ilçesinde yerleşim yeri içerisinde, Göksun ilçesindeki yerleşim yeri dışındaki eğimli ve virajlı yollarda ve Pazarcık ilçesindeki yerleşim yeri dışındaki bölünmüş yollarda yaşanma riskinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca meydana gelen kazalarda sürücülerin trafik ve hız kurallarına uymadığı, trafik lambası, trafik levhası, yaya yolu, emniyet şeridi ve banket gibi yol, çevre ve güvenlik ekipmanlarının yetersiz kaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Makine öğrenmesi, trafik kazası, sınıflandırma, birliktelik kuralları

## Analysis and Prediction of Traffic Accidents with Machine Learning Methods: A Case Study for Kahramanmaraş

### Abstract

Every year, more than 1 million deaths and 50 million injuries occur in traffic accidents around the world. While there is a traffic accident every 2 seconds in these accidents, it results in a fatal accident every 50 seconds. In this study, 7929 traffic accidents, consisting of 28 features, that took place in Kahramanmaraş city centre and its districts between 2017 and 2020 were analysed by machine learning techniques. Classification, clustering, association rule and visual comparison methods are used in the analysis of traffic accidents. NB, SVM, kNN, PART, AdaboostM1, J48 and RF algorithms were used for classification. SimpleKMeans and EM clustering algorithms were used for clustering. Apriori algorithm was used in the association rule. The J48 algorithm achieved the most successful results in the classification of traffic accidents. Although the success level of the Naive Bayes algorithm was not bad, it remained lower than other algorithms. The common result of all methods is that potential accidents with death and injury that may occur in the future are mostly between 04:00 and 08:00 in the morning and between 16:00 and 20:00 in the evening, in the settlement area of Kahramanmaraş city centre and Onikisubat district, on slopes outside the settlement in Göksun district. It has been determined that the risk of living is high on winding and winding roads and on divided roads outside the settlement in Pazarcık district. In addition, it was determined that the drivers did not comply with the traffic and speed rules in the accidents that occurred, and the road, environment and safety equipment such as traffic lights, traffic signs, pedestrian ways, safety lanes and banquettes were insufficient.

**Keywords:** Machine learning, traffic accident, classification, association rules

## GİRİŞ

Trafik kazası, yerleşim yeri içinde veya dışındaki karayolları üzerinde hareket eden bir ya da daha fazla aracın karıştığı, yaralanma, ölüm ve maddi hasarla sonuçlanan olaylar olarak tanımlanabilir (Anderson, 2009). Trafik kazalarına, genelde sürücüler, yolcular, taşıtlar ile yol ve hava koşulları sebebiyet vermektedir (Oña vd., 2011).

Ülkelerde artan araç sayıları şehir yollarında trafiğin yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Zengin vd., 2018). Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) trafik güvenliği 2015 raporda Dünyada 2013 yılında 1,25 milyon kişinin ölümü ile sonuçlanan trafik kazası meydana geldiği, bu kazaların %90'ı az ve orta gelişmiş ülkelerde yaşandığı ortaya koyulmuştur. Yine DSÖ'nün 2019 yılında yayınladığı trafik güvenliği ile ilgili raporda Dünyada 2016 yılında 1,35 milyon kişinin trafik kazalarında hayatını kaybettiği ve 2013 ile 2016 yılları arasında geçen 3 yılda Dünyada trafik kazalarında ölen insan sayısının 100 bin arttığını göstermektedir (WHO, 2015; WHO, 2018).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaşanan trafik kazaları insan yaralanmaları ve ölümlerinin en büyük nedenidir (Balcı vd., 2017). Bu durumda trafik kazalarının bir problem olduğu ve bunu önlemek adına dünyada daha fazla çalışma yapmak gerektiği açıkça görülmektedir. Birçok ülkede artış gösteren trafik kazaları hakkında kazaların önlenmesi adına araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmaların çoğu istatistiki olurken, veri madenciliği, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi tekniklerle kazaların tahmin edilmesine yönelik çalışmalara da son zamanlarda sıkça yer verilmektedir. Bu bağlamda problemin önlenmesi adına makine öğrenme teknikleri ile trafik kazası verilerinden yararlı bilgiler çıkarmak doğru bir yaklaşım olacaktır. Trafik kazası verilerini analiz etmek ve değerlendirmek için makine öğrenme yöntemlerinden sınıflandırma ve birliktelik kuralı algoritmaları en sık kullanılan teknikler arasındadır (Taamneh vd., 2017). Yine son yıllarda pek çok alanda kullanılan makine öğrenme yöntemleri gelecekte de trafik kazalarının analizinde etkili bir yöntem olacaktır (Liv d., 2019; Chong vd., 2005).

Bu çalışmada, 2017 ile 2020 yılları arasında Kahramanmaraş il merkezi ve ilçelerinde, gerçekleşen dört yıla ait ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası verileri bir makine öğrenme tekniği uygulama aracı olan WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) ile değerlendirilip analiz edilmektedir. Analiz edilecek veri seti 7929 adet

trafik kazası ve 28 adet öznelikten oluşmaktadır. Söz konusu veriler Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı'nın izni dâhilinde, trafik polislerinin trafik kazalarında Ölümlü/Yaralanmalı Trafik Kazası Tespit Tutanaklarına işlediği bilgilerden elde edilmiştir. Bu çalışmada geçmişte yaşanan trafik kazaları yukarıda bahsedilen yöntemlerle analiz edilip daha anlamlı bilgilere dönüştürülerek gelecekte yaşanabilecek potansiyel kazaların önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

## Literatür Araştırması

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sınıflandırma ve birliktelik analizi yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemlerin genel olarak tek tek kullanıldığı, bir veya daha fazla yöntemin bir arada kullanıldığı çalışma sayısı çok az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca literatürdeki çalışmaların makine öğrenme tekniklerinden yanında istatistiki ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak çok sayıda çalışma yapıldığı gözlenmiştir. Literatürdeki trafik kazaları ile ilgili yapılan çalışmaların araştırma konularına genel manada aşağıdaki paragraflarda değinilmektedir.

Li vd., ABD'de yaşanan ölümcül trafik kazalarını Naive Bayes (NB), Apriori ve K-Means algoritmalarını kullanarak analiz etmiştir (Li vd., 2017). Çalışma sonucunda, elde edilen verilerle en çok ve en az ölümlü kaza yaşanan eyaletler hakkında bilgiler verilmiş ve daha emniyetli sürüş yapılabilmesi adına önerilerinde bulunulmuştur.

Nafie vd., Sudi Arabistan'ın Alghat Provence şehrinde yaşanan 946 örnek ve 8 nitelikten oluşan trafik kazası veri setini birliktelik algoritması Apriori ve kümele algoritması EM ile analiz etmişlerdir (Nafie vd., 2018). Çıkan sonuçta, Apriori algoritmasının EM algoritmasından daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Nandurge ve Dharwadkar, Hindistan'ın Maharashtra bölgesindeki 2015-2016 yılları arasında yaşanan trafik kazalarını analiz etmek için KMeans ve Apriori algoritması kullanmışlardır (Nandurge ve Dharwadkar, 2017). KMeans ile yol tipi, kaza tipi, gün durumu ve yol özelliklerine göre beş küme oluşturulmuştur. Birliktelik kuralı tüm veri setinin yanı sıra her kümeye uygulanmıştır. Kümeleme ve birliktelik kuralı sonuçları tek tek açıklanmıştır.

Krishnaveni ve Hemalatha tarafından yapılan çalışmada (Krishnaveni ve Hemalatha, 2011), Hong



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

Kong'ta trafik kazalarında yaşanan yaralanma şiddetini tahmin etmek için NB, AdaBoostM1, J48, PART, Random Forest (RF) sınıflandırıcıları ile test edilmiş, sonuç olarak, RF'nin diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir.

Taamneh ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dabi şehrinde 2008 ile 2013 yılları arasında gerçekleşen 5.973 trafik kazası sonucu yaralanma şiddetini tahmin etmek adına NB, J48, PART ve Multilayer Perceptron (MLP) kullanılmışlardır (Taamneh vd., 2017). Sonuç olarak, en düşük başarıyı NB gösterirken, diğer sınıflandırıcılar benzer başarı göstermişlerdir.

Beshah ve Hill tarafından yapılan çalışmada, Etiyopya'da yaşanan 18.288 trafik kaza verisi J48, NB ve k Nearest Neighbour (kNN) algoritmaları ile analiz edilmiş ve kaza şiddetleri tahmin edilmiştir (Beshah ve Hill, 2010). Çalışma sonucunda, kaza şiddetlerini en doğru tahmin eden algoritma kNN olurken J48 ve NB de yakın değerler vermiştir.

Zhang ve Fan, Kanada'nın Saskatchewan şehrinde son 20 yılda şehir merkezi ve kırsal yollarda yaşanan trafik kazalarının başlıca nedenleri ve kaza şiddetleri, ID3 ve J48 algoritmaları kullanılarak yaş, mevsim ve cinsiyete göre üç farklı başlıkta analiz etmiştir (Zhang ve Fan, 2013).

Bahiru ve ark., tarafından yapılan çalışmada, trafik kazalarını etkileyen faktörler ve kaza şiddetini tahmin etmek için NB, ID3, J48 ve CART algoritmaları kullanılmıştır (Bahiru vd., 2018). Çıkan sonuçta, J48 algoritmasının doğruluk performansının diğerlerinde daha iyi olduğu vurgulanmıştır.

Mateus ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Kolombiya Cartagena otoyolunda 2016 ile 2017 yılları arasında 7.894 trafik kaza verisi üzerinde yapılan bir çalışmada makine öğrenme yöntemleriyle kaza şiddetleri analiz edilmiştir (Mateus vd., 2019). DT, J48, Support Vector Machine (SVM), NB, PART ve MLP ile değerlendirme yapılmıştır. Çalışma sonucunda 20 ile 39 yaş arası erkek ve kadın motosiklet sürücülerinin kaza yapma olasılıkları yüksek olduğu, bir bisiklet ile motosikletin çarpışma olasılığının düşük olduğu belirtilmiştir.

AlMamlook ve ark. tarafından yapılan çalışmada, trafik kaza verileri denetimli makine öğrenme algoritmaları, AdaBoost, Logistic Regression (LR), NB ve RF ile analiz edilmiş veri düzensizliği için SMOTE algoritması kullanılmıştır (AlMamlook vd., 2019). Çalışma sonucunda RF'nin

kaza şiddetini tahmin etmekte daha başarılı olduğu vurgulanmıştır.

Oña ve ark. tarafından yapılan çalışmada, İspanya'nın daha kırsal yollarında 1.536 trafik kazası sonuçları, BayesNet kullanılarak, bir biri ile ilişkileri sınıflandırılmaya çalışılmıştır (Oña vd., 2011). Yaşanan kazaların veri setinde 18 farklı değişken bulunurken, değerlendirmeye alınacak sınıflar; ölü, yaralı ve ağır yaralı olmak üzere 3 farklı sınıftan oluşturulmuştur. Sonuçta, trafik kazalarında ölümlerin veya ağır yaralanmaların kaza tipi, sürücünün yaşı gibi faktörlerle ilişkili olduğu ortaya konmuştur.

Akomolafe ve Olutayo tarafından yapılan çalışmada, Nijerya'nın Lagos - İbadan ekspres karayolları üzerinde yaşanan trafik kazalarının sonuçları ve etkileri incelemek adına yaptıkları çalışmada, verilerin analizi ve tahmini Functional Tree (FT) ve ID3 algoritmaları ile yapılmıştır (Akomolafe ve Olutayo, 2013). Çalışma sonucunda, kaza verileri analiz edilmiş ve ID3'ün FT'ye göre daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Mujalli ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Ürdün'de banliyö yollarında 2009-2011 yılları arasında yaşanan trafik kazası sonuçlarının analizi için farklı Bayes sınıflandırıcıları kullanılmıştır (Mujalli vd., 2016). Kazanın türü, kazanın oluş şekli, kazaya karışan araç sayısı, yolun yüzeyi, hız sınırı, yön sayısı gibi unsurların ölümlü veya ciddi yaralanmalı kazaların meydana gelmesine neden olduğu ortaya konulmuştur.

Perez ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Meksika'nın Mexico City şehrindeki trafik kazalarının yoğunlukları incelenmiş ve sonuçları Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) veri görüntüleme ve düzenleme yetenekleri sağlayan QGIS programı ile önlem alınması gereken yollar görsel hale getirilmiştir (Perez vd., 2018).

Castro ve Kim tarafından yapılan çalışmada, Birleşik Krallık ülkelerinde 2010 ile 2012 yılları arasında yaşanan ölümlü ve yaralanmalı trafik kazaları BayesNet, MLP ve J48 ile risk faktörleri araştırılmıştır (Castro ve Kim, 2016). Yapılan çalışmada en başarılı BayesNet algoritması ona yakın J48 ve MLP algoritmalarının verdiği belirtilmiştir.

Yavuz ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Antalya ili ve çevresinde 2012-2016 yılları arası meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı 3.181 trafik kazası sınıflandırılarak analiz edilmiştir (Yavuz vd., 2021). Çalışma sonucunda en başarılı doğruluk

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

oranını veren sınıflandırıcının NB olduğu belirlenmiştir.

Kuşkapan ve Çodur tarafından yapılan çalışmada, 2002 ile 2018 yılları arasında ülkemizde yaşanan trafik kazaları, MLP, kNN ve Regresyon Algoritmaları kullanılarak sınıflandırma performansları incelenmiştir (Kuşkapan ve Çodur, 2022). Çalışma sonucunda, bu üç algoritmanın hata ve sınıflandırma performansları analiz edildiğinde en iyi sonucu En Yakın Komşu algoritmasının verdiği görülmüştür.

Hussain ve ark., tarafından yapılan çalışmada, 150 trafik kazası verisi üzerinde BayesNet, MLP ve J48 algoritmaları değerlendirilmiştir (Hussain vd., 2019). Sonuçta, en başarılı sınıflandırıcının MLP sonrasında BayesNet ve J48'in olduğu gösterilmiştir. Ayrıca birliktelik kuralı sonucu olarak en başarılı sonuçları Apriori'nin verdiği belirlenmiştir.

Güner ve ark., Sakarya ilinde meydana gelen trafik kazalarının analizi için, WEKA programının K-means kümeleme algoritması kullanılmış ve kazaların benzerlikleri incelenmiştir (Güner vd., 2018). Çalışma sonucunda, kazaların en çok açık havalarda, kuru zeminlerde, kavşak olmayan yollarda, sonbahar aylarında, hafta içleri ve öğlen öncesi yaşandığı belirtilmiştir.

Atalay ve Tortum tarafından yapılan çalışmada, 1997 ile 2006 yıllarında Türkiye illerinde yaşanan ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının analizi geleneksel k-ortalama ve bulanık c-ortalama kümeleme yöntemleri beşli guruplara ayrılarak analiz edilmiştir (Atalay ve Tortum, 2010). Çalışma sonucunda, kaza yaşanma potansiyeli en yüksek olan iller belirlenmiştir.

Chang ve Chen tarafından yapılan çalışmada, 2001 ile 2002 yılları arasında Tayvan ulusal karayolu üzerinde yaşanan kaza verilerini incelemek için trafik özellikleri, karayolu geometrik değişkenleri ve çevresel faktörler arasındaki deneysel ilişkiler Classification and Regression Tree (CART) ve Negatif Binom Regresyon modeliyle kaza sıklıklarını tahmin etme performansları karşılaştırılmıştır (Chang ve Chen, 2005). Çalışma sonucunda CART modelinin otoyolda yaşana kaza sıklıklarını analiz etmek daha başarılı bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Bayata ve Hattatoğlu tarafından yapılan çalışmada, 1985 ile 2010 yılları arasında Erzincan karayollarında yaşanan trafik kazaları, Yapay Sinir Ağları, Ortalama Karasel Hata, Belirlilik Katsayı ve Akaike Bilgi Kriteri yöntemleri kullanılarak

istatistiki bir çalışma yapılmıştır (Bayata ve Hattatoğlu, 2014). Çalışma sonucunda Yapay Sinir Ağları yönteminin en başarılı sonucu verdiği belirtilmiştir.

Özden ve Acı tarafından yapılan çalışmada, 2005 ve 2014 arasında Adana'da yaşanan yaralanmalı trafik kazaları ve aynı yıllar arasındaki aylık meteoroloji verilerinden oluşan bir veri seti üzerinde yaralı sayıları ve yaralanmalı kaza sayılarını tahmin eden bir çalışma yapılmıştır (Özden ve Acı, 2018). Çalışmada Regresyon Ağacı, Çoklu Doğrusal Regresyon, SVM, Fonksiyon Uydurma Yapay Sinir Ağı, MLP ve Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde, SVM'in hem yaralı sayısı hem de yaralanmalı kaza sayısını tahmin etmede en başarılı yöntem olduğu belirlenmiştir. Regresyon ağacı yöntemi yaralı sayısı tahminini kaza sayısını tahmininden daha başarılı yapmıştır.

Geymen ve Dedeoğlu tarafından yapılan çalışmada, Emniyet Genel Müdürlüğü kayıtlarında 2012 ile 2013 yıllarında sadece Kahramanmaraş il merkezinde yaşanan kazalar CBS kullanılarak incelenmiş, trafik kazalarının yoğunlaştığı bölgeler ve kaza yerleri analiz edilmiştir (Geymen ve Dedeoğlu, 2016). Yaşanan kazalar; arazinin tomografik yapısı, kazaların yaşandığı zaman parametrelerine göre incelenmiş ve bu kazaların sebepleri CBS analizleriyle ortaya konmuştur.

Özcan ve Küçükönder tarafından yapılan çalışmada, 2008-2015 yılları arasında Kahramanmaraş merkezinde meydana gelen 14.317 trafik kazaları CBS ile analiz edilmiştir (Özcan ve Küçükönder, 2020). Bu çalışmada Kahramanmaraş merkezinde yaşanan trafik kazalarını önlemek adına bölgesel analiz, kaza yoğunluğu yüksek alanların tespiti ve risk taşıyan bölgelerin tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı, yeterli büyüklükte veri setine sahip olmasıyla beraber iki boyutlu görsel karşılaştırması, sınıflandırma ve birliktelik kuralı olmak üzere dört farklı yöntem kullanılması ve bu dört yöntemin kullanılması neticesinde diğer çalışmalara göre daha fazla sonuç elde edilecek olmasıdır.

## MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ

Makine öğrenmesi, veri madenciliği, yapay zekâ ve istatistiğin alt dalı olarak görülebilir. İlk olarak 1950'li yıllarda yapay zekâ ve yapay sinir ağı

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

araştırmalarında adı geçmeye başladı. Makine öğrenmesi, bilgisayarların programlanmaya ihtiyaç duymadan kendi kendine öğrenmesi olarak tanımlanabilir (Schuld vd., 2015; Zhang, 2020). Makine öğrenmesi, çevreden öğrendiği bilgilerle insan aklını taklit etmek tasarlanan ve durmadan gelişen zeki hesaplama araçlarıdır (Wei vd., 2019; Naqa ve Murphy, 2015; Kiranmai ve Laxmi, 2018; Atalay ve Celik, 2017, Bingol, 2022B).

Makine öğrenme yöntemleri, denetimli, denetimsiz, yarı denetimli ve pekiştirmeli olarak dört ana kategoride gruplandırılır.

### Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenmede, model içindeki bilgisayar algoritmasına giriş ve çıkış örnekleri verilir ve bu örneklerden ilgili algoritmanın sonucu sınıflandırması beklenir. Denetimli öğrenmede veriler etiketlenir yani giriş verilerinin tüm özellikleri verilerek çıkışın ne olacağı öğretilir ve sınıf etiketlerinin belirlenmesi sağlanır (Nilsson, 1996; Schuld, 2015, Bingöl, 2022). Denetimli öğrenme algoritmalarına; NB, SVM, karar ağaçları, LR, kNN, RF ve ANN örnek verilebilir.

### Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenmede, sisteme sadece giriş verileri verilir ve çıkış verilerine bakılmaz (Güner vd., 2018). Bu sistemde veriler etiketsizdir ve kullanılan bilgisayar algoritması sadece giriş verilerinden sonucu öğrenmeye çalışır (Nilsson, 1996). Diğer bir deyişle denetimsiz öğrenme, herhangi bir deneyim olmadan veri kalıplarından sonucu bulma süreci olarak tanımlanabilir (Schuld vd., 2015). Denetimsiz öğrenmeye, birliktelik ve kümeleme algoritmaları ile olasılık yoğunluk tahmini, öznitelikler arasındaki ilişkilerin bulunması

ve boyutsallık azaltma örnek verilebilir (Brunton vd., 2020; Na vd., 2010).

### Yarı Denetimli Öğrenme

Yarı gözetimli öğrenme denetimli ve denetimsiz öğrenmenin bir arada kullanıldığı öğrenme türüdür. Yarı denetimli öğrenmede, etiketlenmiş verilerle etiketlenmemiş verilerin aynı sistem içinde bulunur ve algoritma sınırlı bir eğitim verisiyle ya da çevreden gelen bilgilerle doğal olarak öğrenme işlemini gerçekleştirir (Brunton vd., 2020).

### Pekiştirmeli Öğrenme

Bu öğrenme türünde, sisteme giriş verileri verilirken çıkış verileri verilmez. Sisteminde giriş verilerine bakarak sonuç verileri deneyimleyerek üretilir. Pekiştirmeli öğrenmede, sistem bir ajan (genellikle bir bilgisayar programı), çevre ve gözlemciden oluşmaktadır. Burada bahsedilen ajan gerçekleştirdiği eylemi çevreye iletir. Gözlemci bu eylemin sonucunda her doğru için bir ödül verirken yapılan yanlışlar içinde cezalandırır. Bu durumda ajan, her ödül aldığı anda mevcut stratejiyi güçlendirirken ceza aldığı anda mevcut stratejiyi yeniden gözden geçirir. Bu geri bildirimler sayesinde aracı sürekli öğrenmeye devam ederek öğrenme işlemini pekiştirmiş olur (Schuld, 2015; Çoban, 2011).

## MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI TRAFİK KAZASI ANALİZİ

Çalışmada Kahramanmaraş il merkezi ve ilçelerinde, 2017 ile 2020 yılları arasında gerçekleşen ölümlü yaralanmalı trafik kazalarının verileri bulunmaktadır. Kullanılan veri seti 28 adet öznitelik ve 7929 veri satırından oluşmaktadır. Trafik veri setinin öznitelikleri Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Trafik veri seti özellikleri

Öznitelik Adı	Değişken Tipi	Alt Nitelikler
Yıl	Nominal	2017, 2018, 2019, 2020
Hafta Günü	Nominal	Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma, Cumartesi, Pazar
Kaza Saati Dilimi	Nominal	0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24
Ay	Nominal	Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık
Kazanın Yaşandığı İlçe	Nominal	Afşin, Andırın, Çağlayancerit, Dulkadiroğlu, Ekinözü, Elbistan, Göksun, K.Maraş/Merkez, Nurhak, Onikişubat, Pazarcık, Türkoğlu
Kaza Yerleşim Yeri	Nominal	İçi, Dışı

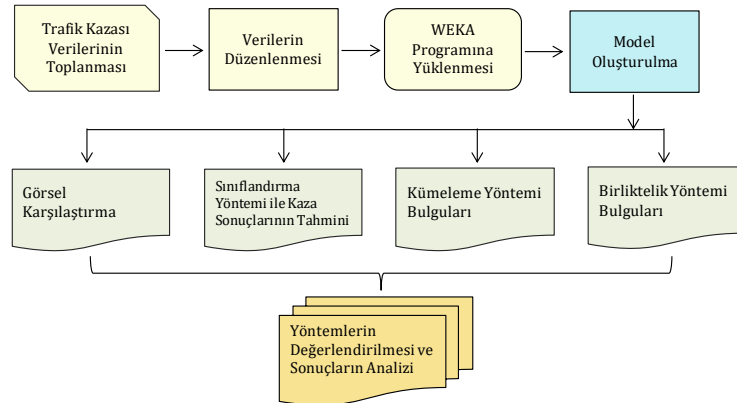
Yolun Tipi	Nominal	Tek Yönlü Yol, İki Yönlü Yol, Bölünmüş Yol, Diğer
Yolun Kaplaması	Nominal	Asfalt, Beton, Parke, Sati Kaplama, Stabilize, Toprak
Yolun Sınıfı	Nominal	Cadde, Sokak, Bağlantı Yolu, Devlet Yolu, Diğer, İl Yolu, Koy Yolu, Orman Yolu, Otoyol, Park Alanı, Servis Yolu, Tesis Önü veya İçi, Diğer
Yasal Hız Limiti	Nümerik	-
Yatay Geometrisi	Nominal	Düz Yol, Viraj, Tehlikeli Viraj
Düsey Geometrisi	Nominal	Eğimsiz, Eğimli, Tehlikeli Eğim, Tepe Üstü
Gün Durumu	Nominal	Gündüz, Gece, Alacakaranlık
Hava Durumu	Nominal	Acık, Bulutlu, Dolu, Kar, Kuvvetli Rüzgâr, Sis Duman, Sulusepken, Tipi, Yağmur
Yolun Yüzeyi Durumu	Nominal	Buzlu, Islak Nemli, Karlı, Kuru Sel Su Birikintili, Diğer
Kaza Oluş Türü	Nominal	Araçtan Cisim Düşmesi, Araçtan insan Düşmesi Arkadan Çarpma, Çoklu Çarpışma, Devrilme Savrulma Takla, Duran Araca Çarpma, Engel Cisme Çarpma, Hayvana Çarpma, Karşılıklı Çarpışma, Park Etmiş Araca Çarpma Yan Yana Çarpışma, Yandan Çarpma, Yayaya Çarpma, Yoldan Çıkma, Zincirleme Çarpışma
Kazaya Karışan Araç Sayısı	Nominal	Tek Araç, İki Araç, Çok Araçlı
Çarpışma Yeri	Nominal	Banket Üzerinde, Hemzemin Geçit, Okul Geçidi, Orta Refüjde, Tespit Edilemedi, Yaya Geçidi, Yaya Kaldırımında, Yol Kenarında, Yol Üzerinde, Diğer
Kaza Yol Kusuru	Nominal	Düşük Banket, Kısmi Münferit Çökme Şerit Çökmesi, Yol Sorunu Yok, Yolda Gevşek Malzeme, Yolda Münferit Çukur, Diğer Yol Sorunu
Yaya Yolu	Nominal	Var, Yok, Uygun Değil
Emniyet Şeridi Banket	Nominal	Var, Yok, Uygun Değil
Yol Şerit Çizgisi	Nominal	Var, Yok, Uygun Değil
Trafik İşaret Levhası	Nominal	Var, Yok, Uygun Değil
Trafik Lambası	Nominal	Var, Yok, Var Bozuk
Yolda Çalışma	Nominal	Var, Yok
Kazanın Sonucu	Nominal	Ölümlü, Yaralanmalı, Ölümlü/Yaralanmalı

### Kullanılan Yöntemler

Çalışmada trafik kazası verileri görsel karşılaştırma, sınıflandırma ve birliktelik kuralları kullanılarak analiz edilmiştir.

Veri ön işleme ve görsel karşılaştırma yönteminde veri setindeki özneliklerin birbirleriyle olan etkileşimleri iki boyutlu grafiklerde gösterilerek değerlendirilmektedir. Sınıflandırma yöntemde, trafik kazası verileri on kat çapraz doğrulama (cross-validation) ile hem eğitim hem de test işlemlerine tabi

tutularak NB, SVM, kNN, PART, AdaboostM1, J48 ve RF algoritmalarının gerçek verilere karşı tahminleri ve performans metrikleri değerlendirilmektedir. Birliktelik kuralı çıkarma yönteminde Apriori algoritması ile trafik kaza unsurlarının bir birleriyle gerçekleşme olasılıkları değerlendirilmektedir. Çalışmada kullanılan yöntemlere ait akış şeması Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışmanın akış şeması

### Sınıflandırma yöntemleri

Trafik kazaları sonuçlarını içeren veri seti NB, SVM, kNN, PART, AdaboostM1, J48 ve RF sınıflandırma algoritmaları kullanılarak sınıflandırılmıştır. Kullanılan sınıflandırma algoritmaları çapraz doğrulama ayarı seçilerek test edilmiştir. Bu yöntem yapılacak sınıflandırmanın öğrenmesini artırmak için kullanılmaktadır. Çapraz doğrulama veri setini k kadar kümeye ayırarak öğrenme işlemi gerçekleştirilmektedir. Sırasıyla bir küme test edilirken kalan k-1 kadar küme eğitimde kullanılır. Bu k değeri standart olarak 10'dur ancak kullanım amacına göre farklı bir değer de verilebilir. Yapılan çalışmalarda yaygın olarak çapraz doğrulama k değeri on olarak tercih edilmektedir. Bu çalışmada da bu değer 10 olarak belirlenerek veri seti on farklı kümeye ayırarak sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

NB, temeli Bayes teoremine dayanan basit bir olasılık sınıflandırıcıdır. Bu teoremden; bir veri grubunda yer alan her bir nitelik için gerçekleşme olasılıkları hesaplanır ve gerçekleşme olasılığı en yüksek olana göre sınıflandırma yapılır (Nikam, 2015, Bahiru vd, 2018). NB sınıflandırma işlemleri Eş.1 kullanılarak hesaplanır.

$$P(x|y) = \frac{P(y|x) * P(x)}{P(y)} \quad (1)$$

$P(x|y)$ : y olayına karşı x olayının olması olasılığıdır.  
 $P(y|x)$ : x olayına karşı y olayının olması olasılığıdır.  
 $P(x)$ : x durumunun olma olasılığı,  $P(y)$ : y durumunun olma olasılığıdır.

SMO algoritmasında, SVM kullanılmaktadır. SVM istatistiksel öğrenme teorisine dayanmaktadır.

Temel olarak veri sınıfları arasında sonsuz sayıda doğru çizerek bunların içinden ayrımı en iyi yapan doğrular seçilerek sınıflandırma işlemi yapılmaktadır (Nikam, 2015; Alan ve Yesilyurt, 2018).

k En Yakın Komşu (kNN) algoritması, verilen verinin hangi sınıfa ait olduğunu belirlemek için en yakın komşuluk ilişkisinden faydalanır. Bu algoritmanın çalışma prensibi, veri sınıflarının birbirleri arasındaki yakınlık ve mesafeye göre kümeler oluşturularak sınıflandırma işlemine dayanır (Nikam, 2015; Taşçı ve Şamlı, 2020). En yakın komşu uzaklığı hesaplanırken Öklid, Minkowski ve Manhattan metrikleri kullanılır. Bu uzaklıklar Eş.2, Eş.3 ve Eş.4 kullanılarak hesaplanır.

$$h_{\text{öklid}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

$$h_{\text{manhattan}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|} \quad (3)$$

$$h_{\text{minkowski}} = \left( \sum_{i=1}^n (|x_i - y_i|^q) \right)^{1/q} \quad (4)$$

PART (Partial Decision Trees) algoritması, Böl ve yönet yaklaşımını kullanır. PART algoritmasında, bir kural oluşturmak için veri kümesinde kısmi olarak bir ağaç oluşturulur ve yeni bir kural oluşturmak için geniş kapsamlı olan yaprak seçilir. Mevcut veri kümesi üzerinde böl ve yönet yaklaşımı ile bir dizi kural oluşturur ve bu kurallar örnekleri eğitim kümesinden kaldırılarak hiçbir örnek kalmayana dek

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

yinelemeye devam eder (Krishnaveni ve Hemalatha, 2011; Parsania vd., 2014).

AdaBoostM1 algoritması öncelikle eşit ağırlıklar kullanılarak sınıflandırma işlemine başlanır, daha sonra hatalı tahminler için ağırlık artırılarak tekrar tekrar eğitime alınır ve böylece sınıflandırmanın başarısı artırılmaya çalışılır. Yani bir sınıflandırıcının çıktısı bir sonraki sınıflandırıcının girdisi olarak gerçekleşir. Böylece hatalı veriler üzerinde daha fazla durularak başarılı tahminlerin yapılması sağlanır (Soylu, 2018).

J48 algoritması, örnek bir veri kümesi üzerinde sınıflandırma yaparken bir ağaç yapısı oluşturup, yapraklara bağlı düğümler ve düğümlere bağlı yapraklar oluşturur (Cihan ve Kalıpsız, 2016; Bahiru vd., 2018). J48 algoritmasında veri kümesinde bulunabilecek belirsizlikler entropi hesabı ile giderilmekte olup Eş. 5 kullanılarak hesaplanır (Aksu ve Karaman, 2017).

$$Entropi = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (5)$$

RF, sınıflandırma yaparken rasgele birçok ağaç oluşturmaktadır. RF, birçok ağaç oluşturulur ve her düğümde rastgele belirlenen değişkenler içinden en iyisi seçilerek her bir düğüm dallara ayrılarak bunların sonucunda bir sınıf tahmininde bulunulur. Son olarak tüm tahminler değerlendirilerek verinin hangi sınıfa ait olduğu belirlenir (Breiman, 2001).

### Sınıflandırma Algoritmalarının Performans Ölçütleri

Sınıflandırma algoritmalarının yanlış ve doğru tahminlerin gösterilmesi için Karmaşıklık Matrisi (Confusion Matrix) kullanılmaktadır. Yapılan tahminler sonrası test ve eğitim verileri karşılaştırılır. Karışıklık matrisinin örneği Şekil 2'de gösterilmektedir.

		Gerçek değerler	
		Pozitif	Negatif
Tahmin edilen değerler	Pozitif	TP	FN
	Negatif	FP	TN

Şekil 2. Karmaşıklık matrisi

TP, pozitif olarak tahmin edilen pozitif doğru örneklerdir. FP, pozitif olarak tahmin edilen negatif yanlış örneklerdir. TN, negatif olarak tahmin edilen doğru örneklerdir. FN, negatif olarak tahmin edilen yanlış örneklerdir (Umadevi ve Marseline, 2017).

Doğruluk (Accuracy), veri kümesinde sadece doğru sınıflandırılmış örnek sayısının veri kümesindeki toplam örnek sayısına bölümüdür. Doğruluk değeri Eş. 6 kullanılarak hesaplanır (Umadevi ve Marseline, 2017).

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (6)$$

Kesinlik (Precision), doğru olarak sınıflandırılan doğru pozitif sayısının kendisi ile birlikte yanlış pozitif sayısının toplamına oranıdır. Kesinlik değeri Eş. 7 kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (7)$$

Duyarlılık (Recall), doğru pozitif sayının yine doğru pozitif ile yanlış negatiflerin toplam sayısına bölünmesi olarak tanımlanır. Duyarlılık değeri Eş.8 kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (8)$$

F-Ölçütü (F-Measure), duyarlılık ile kesinliğin bir birleşimidir. F-Ölçütü, iki kat duyarlılık ve kesinlik çarpımının yine duyarlılık ve kesinlik toplamına bölünmesiyle hesaplanır. F-Ölçütü değeri Eş.9 kullanılarak hesaplanır.

$$F\text{-Ölçütü} = \frac{2 \cdot \text{Duyarlılık} \cdot \text{Kesinlik}}{\text{Duyarlılık} + \text{Kesinlik}} \quad (9)$$

ROC Eğrisi (Receiver Operating Characteristics), alıcı çalışma alanı olarak bilinen yapılan sınıflandırmada doğru pozitif ve yanlış pozitif oranlarını karşılaştırmak için çizilen grafikdir. ROC değeri için 0-0,60 arası başarısız, 0,61-0,70 arası zayıf, 0,71-0,80 arası orta, 0,81-0,90 arası iyi ve 0,91-1,00 arası çok iyi olarak değerlendirilir (Umadevi ve Marseline, 2017; Bharati vd., 2018; Aksu ve Karaman, 2017).

### Birliktelik Kuralı Çıkarma Yöntemleri

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

Birliktelik kurallı algoritmalar, bir veri setindeki örneklerin birbirleri ile olan ilişkilerini eş zamanlı olarak inceleyen algoritmalar. Veriler arasındaki ilişkiler eş zamanlı olarak incelenirken bir olasılık korelasyonu kullanılır (Can ve Alataş, 2017). Bu çalışmada Apriori algoritması kullanılarak, trafik kazalarının birbiri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

Apriori algoritmasının hesaplanmasında destek, güven ve kaldırmaç değeri olmak üzere üç önemli adım bulunmaktadır (Can ve Alataş, 2017). Apriori algoritmasında ilk olarak bir minimum bir destek ve güven değeri belirlenir. Veri setindeki örnekler için destek oranları hesaplanır. Belirlenen destekten daha düşük olan veriler devre dışı bırakılır. Birli, ikili, üçlü veya daha fazla birliktelik kümeleri oluşturulur. Son olarak oluşturulan birliktelik kümelerinden destek ve güven oranını sağlayanlar değerlendirilir.

Destek (Support): Bir kural oluşturulurken veri setindeki örneklerin (N) ne kadar tekrarlandığını hesaplamak için kullanılır. Destek, Eş.10 kullanılarak hesaplanır.

$$Destek(X \rightarrow Y) = \frac{Sayı(X, Y)}{N} \quad (11)$$

Güven (Confidence): Bir kural oluşturulurken veri setindeki örneklerden X değişkeninin Y değişkeni ile birlikte bulunma olasılığıdır. Güven, Eş.11 kullanılarak hesaplanır.

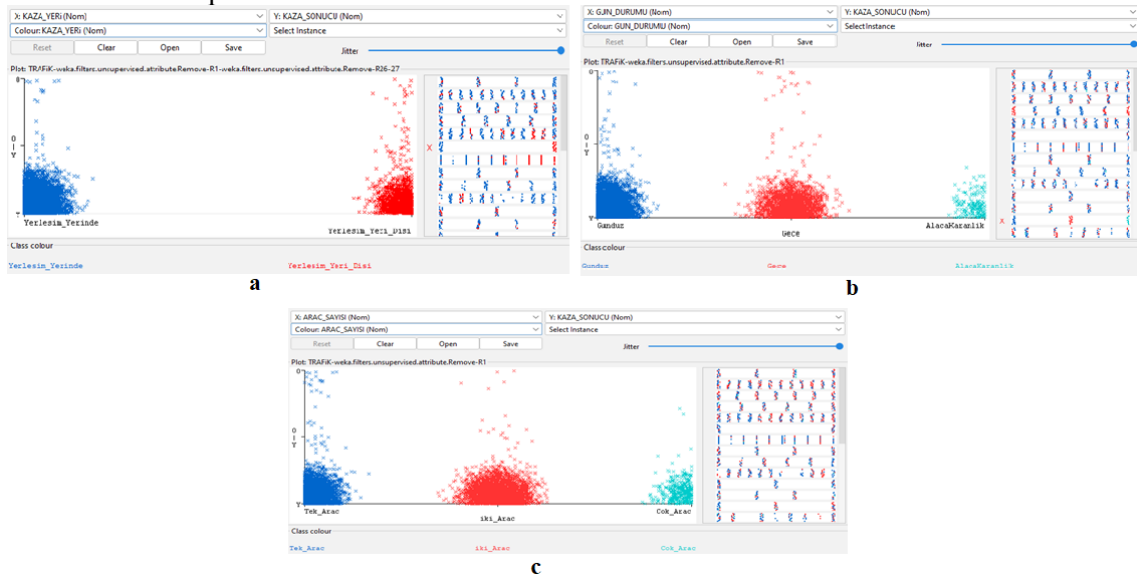
$$Güven(X \rightarrow Y) = \frac{Sayı(X, Y)}{Sayı(X)} \quad (11)$$

Kaldırmaç (Lift): X ve Y değerlerinin birbirine bağımlı olup olmadıklarını gösteren bir destek değeridir. Lift değeri 1'den ne kadar büyükse çıkan birliktelik kuralıda o derece ilginç olarak yorumlanır ve Eş.12 kullanılarak hesaplanır.

$$Kaldırmaç(X \rightarrow Y) = Destek(X, Y) \quad (12)$$

### DeneySEL Sonuçlar

Trafik kazası verileri, yerleşim yeri bilgisi göre incelendiğinde; kazalarının 6612'si yerleşim yeri sınırlarında olurken 1317'si yerleşim yeri dışında meydana gelmiştir. "Kazanın Sonucu" ve "Kaza Yeri" niteliklerine göre görsel olarak karşılaştırıldığında; sadece yaralanmalı kazaların en çok yerleşim yeri içinde yaşandığı, ölümlü ve yaralanmalı kazaların en çok yerleşim yeri dışında yaşandığı ve sadece ölümlü sonuçlanan kazaların yerleşim yeri içi ve dışında eşit yaşandığı görülmüştür. Ancak yerleşim yeri dışında yaşanan kazalar yerleşim yeri içinde yaşananlardan az olsa da ölüm oranının yüksek olduğu gözlenmiştir. Kazaların yerleşim yeri bilgisine ait ön işleme ve görsel karşılaştırma verileri Şekil 3.a'da gösterilmektedir.



Şekil 1. Kaza yeri ile kaza sonuçları arasındaki görsel karşılaştırma sonuçları

Gün durumu niteliğine göre; gündüzleri 5516, geceleri 2240, alacakaranlıkta ise 173 kaza

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

yaşanmıştır. Yaşanan kazalar “Kazanın Sonucu” ve “Gün Durumu” niteliklerine göre görsel olarak karşı-

laştırıldığında; gündüzleri yaralanmalı, ölümlü/yaralanmalı ve ölümlü olmak üzere 3 sınıfta da en çok kaza yaşanan gün durumu olarak görülse de gece meydana gelen ölümlü veya ölümlü/yaralanmalı kazaların oranı da yüksektir. Gün durumu niteliğine ait ön işleme ve görsel karşılaştırma verileri Şekil 3.b’de gösterilmektedir.

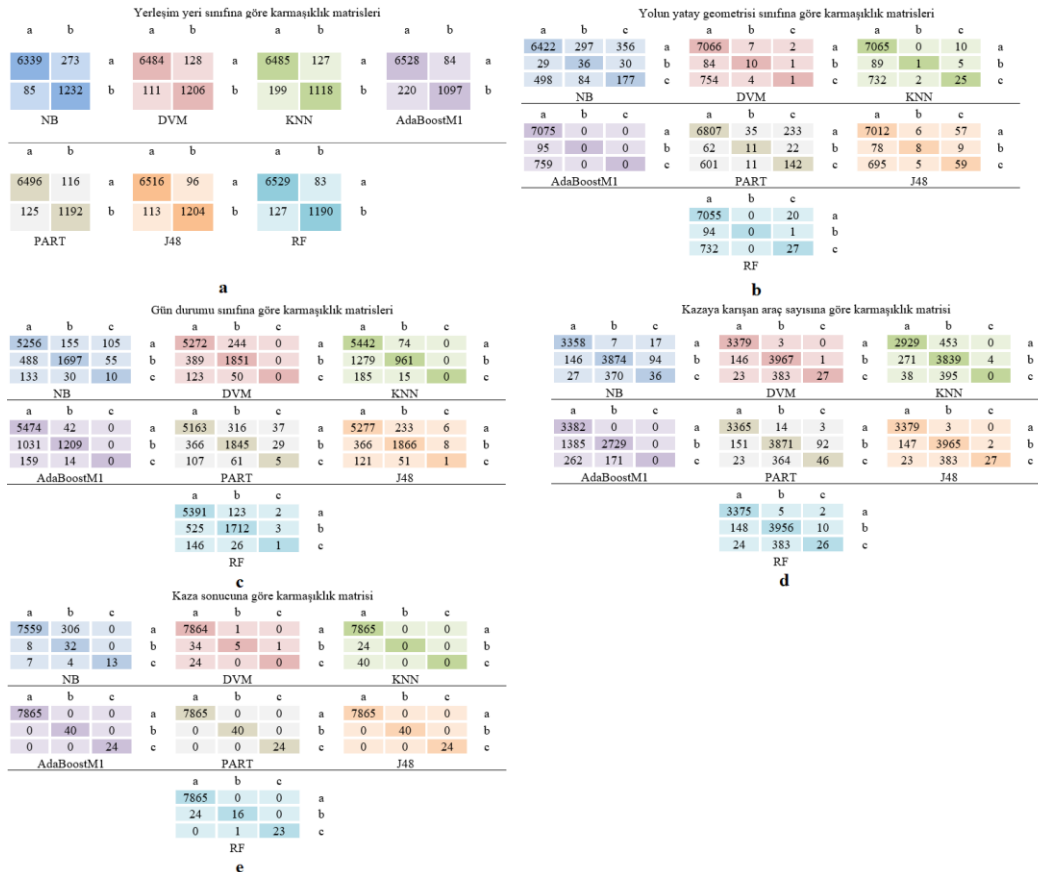
Kazaya karışan araç sayısına göre; kazaların en çok iki araçlı, tek araçlı ve çok araçlı olarak sıralandığı görülmektedir. Yaşanan trafik kazaları “Kazanın Sonucu” ve “Araç Sayısı” niteliklerine göre görsel olarak karşılaştırıldığında; yaralanmalı, ölümlü/yaralanmalı ve ölümlü olmak üzere 3 sınıfta da en çok kaza iki aracın karıştığı kazalarda yaşansa da tek araçla yaşanan kazalarda da ölümlü/yaralanmalı kazaların oranı yüksektir. Kazaya karışan araç sayısı niteliğine ait ön işleme ve görsel karşılaştırma verileri Şekil 3.c’de gösterilmektedir.

Sınıflandırma yöntemiyle yaşanan gerçek trafik kazası sonuçları 10 kat çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak NB, SVM, kNN, PART, AdaboostM1, J48 ve RF algoritmalarının tahmin sonuçları ve performans değerleri verilmektedir. Algoritmaların başarıları doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F-Ölçütü ve ROC Eğrisi gibi performans ölçütleri ile belirlendi. Bu bağlamda gerçek trafik kazası verilerine göre algoritmalar Kaza Yerleşim Yeri (İçi, Dışı), Yolun Yatay Geometrisi (Düz yol, Viraj, Tehlikeli viraj), Gün Durumu (Gündüz, Gece, Alacakaranlık), Araç Sayısı (Tek araç, İki araç, Çok araçlı), Kazanın sonucu (Ölümlü, Yaralanmalı, Ölümlü ve yaralanmalı) özneliklerini kullanmaktadır.

### Yerleşim Yeri Sınıfına Göre Deneysel Sonuçlar

10 kat çapraz doğrulama yöntemi ile NB, SVM, KNN, AdaBoostM1, PART, J48 ve RF sınıflandırma algoritmalarının tahminleri ve elde edilen karşılaştırmalı performans ölçütleri (Karmaşıklık matrisi, duyarlılık, kesinlik, F-ölçütü, ROC oranı, ve başarı oranı) Şekil 4 ve Tablo 2’de gösterilmektedir.

### Sınıflandırma Yöntemi Bulguları





## Şekil 4. Karmaşıklık matrisleri

Tablo 2. Deneysel sonuçlar

	Algoritma	Kesinlik	Duyarlılık	F-Ölçütü	ROC	Doğruluk (%)
Yerleşim yeri sınıfına göre sonuçlar	J48	0,974	0,974	0,974	0,974	97,36
	RF	0,973	0,974	0,973	0,994	97,35
	SVM	0,970	0,970	0,970	0,948	96,98
	PART	0,970	0,970	0,970	0,976	96,96
	AdaBoost	0,961	0,962	0,961	0,989	96,16
	KNN (k=10)	0,958	0,959	0,959	0,987	95,88
	NB	0,959	0,955	0,956	0,989	95,48
	KNN (k=10)	0,833	0,894	0,849	0,776	89,43
Yolun yatay geometrisine göre sonuçlar	RF	-	0,893	-	0,818	89,31
	J48	0,854	0,893	0,857	0,715	89,27
	SVM	0,827	0,893	0,844	0,511	89,25
	AdaBoost	-	0,892	-	0,799	89,22
	PART	0,849	0,878	0,860	0,760	87,77
	NB	0,856	0,837	0,845	0,797	83,68
	J48	0,884	0,901	0,891	0,945	90,09
Gün durumu sınıfına göre sonuçlar	SVM	-	0,899	-	0,872	89,86
	RF	0,882	0,896	0,884	0,951	89,59
	PART	0,873	0,884	0,879	0,934	88,44
	NB	0,878	0,878	0,876	0,952	87,81
	AdaBoost	-	0,843	-	0,931	84,28
	KNN (k=10)	-	0,808	-	0,885	80,75
	SVM	0,916	0,928	0,907	0,950	92,98
Kazaya karışan araç sayısına göre sonuçlar	J48	0,930	0,930	0,908	0,949	92,96
	RF	0,916	0,928	0,907	0,950	92,78
	PART	0,896	0,918	0,904	0,943	91,84
	NB	0,892	0,917	0,902	0,950	91,66
	kNN (k=10)	0,811	0,854	0,830	0,922	85,35
	AdaBoost	-	0,771	-	0,860	77,07
	J48	1,000	1,000	1,000	1,000	100
Kaza sonucuna göre sonuçlar	PART	1,000	1,000	1,000	1,000	100
	AdaBoost	1,000	1,000	1,000	1,000	100
	RF	0,997	0,997	0,996	1,000	99,68
	SVM	0,989	0,992	0,989	0,555	99,24
	kNN (k=10)	-	0,992	-	0,721	99,19
	NB	0,993	0,959	0,974	0,964	95,90

Yerleşim yerine göre deneysel sonuçları tüm algoritmaların başarı düzeyinin çok iyi seviyede ve aralarında çok küçük farklar olduğunu göstermiştir. NB Karmaşıklık matrisindeki TP ve FP oranlarını karşılaştıran ROC eğrisine göre yaklaşık %99

oranında bir başarı sağlasa da genel başarıya göre en sonda yer almıştır. Performans ölçütlerinin tamamı göz önüne alındığında, %97,36 doğruluk ile gerçek verilere en yakın tahminleri yapan J48 algoritmasının ilk sırayı aldığı ve onu %97,35

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

oranında sadece on binde bir puan farkla RF algoritmasının izlediği görülmektedir.

### Yolun Yatay Geometrisi Sinifına Göre Deneysel Sonuçlar

Yolun yatay geometrisine göre (Düz Yol, Viraj ve Tehlikeli Viraj) deneysel sonuçlar Şekil 4.b ve Tablo 2'de gösterilmektedir.

Yolun yatay geometrisine ilişkin deneysel sonuçlar, kNN algoritmasının en yakın 10 komşu değerine göre %89,43 oranla en başarılı sonucu verdiği, kNN'yi %89,31 oranla RF ve %89,27 oranla J48 algoritmasının izlediği görülmektedir. Diğer algoritmalara kıyasla en başarısız tahminleri ise %83,68 oranla NB algoritmasının yaptığı görülmektedir.

### Gün Durumu Sınıfına Göre Deneysel Sonuçlar

Günün durumuna göre deneysel sonuçlar Şekil 4.c ve Tablo 2'de görülmektedir. J48 algoritmasının %90,09 oranla ilk sırayı aldığı görülürken onu %89,86 başarı oranıyla SVM ve %89,59 başarı oranı ile RF algoritmalarının takip ettiği görülmektedir. Diğer algoritmalara kıyasla en başarısız tahminleri %80,75 oranla kNN (k=10) algoritması ve %84,28 oranla AdaBoostM1 algoritmasının yaptığı görülmektedir.

### Kazaya Karışan Araç Sayına Göre Deneysel Sonuçlar

Kazaya karışan araç sayısına göre deneysel sonuçlar Şekil 4.d ve Tablo 2'de gösterilmektedir. SVM algoritmasının %92,98 oranla ilk sırayı aldığı görülürken onu %92,96 başarı oranıyla J48 ve %92,78 başarı oranı ile RF algoritmalarının takip ettiği

görülmektedir. Genel olarak en başarısız tahmini %77,07 oranla AdaBoostM1 algoritmasının yaptığı görülmektedir.

### Kaza Sonucuna Göre Deneysel Sonuçlar

Kazaların sonucuna göre deneysel sonuçlar Şekil 4.e ve Tablo 2'de gösterilmektedir. J48, PART ve AdaBoostM1'in tüm verileri doğru sınıflandırarak %100 başarı elde ettikleri görülmektedir. NB algoritması %95,90 oranla kötü bir sonuç almasa da diğerlerine oranla geride kaldığı görülmektedir. Öte yandan trafik kazası sonuçlarına göre veri setindeki 7929 kazadan 7865'nin yaralanmalı olması ve sadece yaralanmalı sonuçlanan trafik kazalarını doğru tahmin eden algoritmanın %99'un üzerinde bir başarı elde ettiği göz önüne alındığında SVM ve kNN algoritmalarının da başarılarının buna bağlı olduğu görülmektedir.

### Birliktelik Yöntemi Bulguları

Apriori Algoritmasında çıkan kural sayıları belirli bir destek (support), güven (confidence) ve lift oranına bağlıdır. Buradaki lift değeri sonucun teorik olarak ne kadar ilginç olduğunu gösterir. Mevcut 7929 trafik kazası verisi Apriori algoritmasında minimum destek değeri 0.4 minimum güven değeri 0.7 olarak belirlendiğinde 291.815 adet birliktelik kuralı oluşurken, lift değerinin en çok 1,43 olduğu olduğu görülmüştür.

Oluşturulan birliktelik kurallarının bir bölümü aşağıdaki Tablo 3'te verilmiştir. Tablodaki güven değeri kuralın birliktelik oranını gösterirken, lift değeri kuralın ilginç bir sonuç olup olmadığını gösterir.

**Tablo 1.** Apriori algoritması ile oluşturulan kurallar

Kurallar	Güven (Confidence)	Lift
YOLUN_SINIFI=Cadde DUSEY_GEO=Egimsiz HAVA_DURUMU=Acik		
1 KAZA_YOL_KUSURU=Yol_Sorunu_Yok KAZA_SONUCU=Yaralanmali 3437 ==> KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde 3435	100%	1,20
YOLUN_KAPLAMASI=Asfalt GUN_DURUMU=Gunduz		
2 HAVA_DURUMU=Acik YOL_SERiDi=Yol_Seridi_Var 3271 ==> KAZA_SONUCU=Yaralanmali 3249	99%	1,00
YOLUN_YUZEYi=Kuru TRAFiK_LEVHASI=		
3 Trafik_Levhalari_Yok TRAFiK_LAMBASI= Trafik_Lambasi_Yok 3599 ==> HAVA_DURUMU=Acik	97%	1,15

	YOLDA_CALISMA=Yolda_Calisma_Yok KAZA_SONUCU=Yaralanmali 3507		
	YOLUN_SINIFI=Cadde DUSEY_GEO=Egimsiz YOLUN_YUZEYi=Kuru		
4	KAZA_YOL_KUSURU=Yol_Sorunu_Yok KAZA_SONUCU=Yaralanmali 3363 ==> KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde YATAY_GEO=Duz_Yol HAVA_DURUMU=Acik 3179	95%	1,41
	YOLUN_KAPLAMASI=Asfalt		
5	CARPMA_YERi=Yol_Uzerinde 6400 ==> KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde KAZA_SONUCU=Yaralanmali 5672	89%	1,07
	YOLUN_SINIFI=Cadde YATAY_GEO=Duz_Yol YOLUN_YUZEYi=Kuru 3907		
6	==> KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde DUSEY_GEO=Egimsiz HAVA_DURUMU=Acik KAZA_YOL_KUSURU=Yol_Sorunu_Yok KAZA_SONUCU=Yaralanmali 3179	81%	1,43
	KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde GUN_DURUMU=Gunduz KAZA_SONUCU=Yaralanmali 4632		
7	==> YOLUN_KAPLAMASI=Asfalt CARPMA_YERi=Yol_Uzerinde TRAFiK_LAMBASI=Trafik_Lambasi_Yok 3554	77%	1,11
	YATAY_GEO=Duz_Yol CARPMA_YERi=Yol_Uzerinde 6040 ==> KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde		
8	YOLUN_KAPLAMASI=Asfalt HAVA_DURUMU=Acik YOLUN_YUZEYi=Kuru KAZA_SONUCU=Yaralanmali 4487	74%	1,08
	KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde YOLUN_KAPLAMASI=Asfalt YATAY_GEO=Duz_Yol HAVA_DURUMU=Acik		
9	KAZA_YOL_KUSURU=Yol_Sorunu_Yok TRAFiK_LAMBASI=Trafik_Lambasi_Yok YOLDA_CALISMA=Yolda_Calisma_Yok 4372 ==> YOLUN_SINIFI=Cadde YOLUN_YUZEYi=Kuru 3190	73%	1,34
	KAZA_YERi=Yerlesim_Yerinde YOLUN_YUZEYi=Kuru CARPMA_YERi=Yol_Uzerinde 5132		
10	==> YOLUN_SINIFI=Cadde YATAY_GEO=Duz_Yol KAZA_SONUCU=Yaralanmali 3596	70%	1,24

1. kuralda, yol sorunu olmayan, hava durumu açık ve eğimsiz caddelerde meydana gelen trafik kazaları %100 yerleşim yeri içerisinde meydana gelmiştir. Apriori algoritması lift değerine göre 1,2 oranında ilginç olarak değerlendirmiştir.

2. kuralda, asfalt yollarda, yol şeridi olan, hava durumunun açık ve gündüz yaşanan trafik kazaları %99 yaralanmalı sonuçlanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,00 oranında beklenen bir durumdur.

3. kuralda, yol yüzeyini kuru olduğu, trafik levhası ve lambasının olmadığı yollarda meydana gelen trafik kazaları %97 yaralanmalı sonuçlanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,15 oranında ilginç olarak değerlendirmiştir.

4. kuralda, yol sorunu olmayan, eğimsiz yol yüzeyinin kuru olduğu yollarda, yaralanmalı olarak sonuçlanan kazalar, %95 hava durumunun açık, düz yollarda ve yerleşim yeri içerisinde meydana

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

gelmiştir. Apriori algoritması lift değerine göre 1,41 oranında ilginç olarak değerlendirmiştir.

5. kuralda, asfalt ve yol üzerinde yaşanan trafik kazaları %89 yaralanmalı sonuçlanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,07 oranında beklenen bir durumdur.

6. kuralda, düz ve yol yüzeyi kuru caddelerde yaşanan kazalar, %81 yerleşim yeri içinde, hava durumu açık, sorunu olamaya eğimsiz yollarda ve yaralanmalı sonuçlanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,43 oranında ilginç olarak değerlendirmiştir.

7. kuralda, yerleşim yerinde, gündüz ve yaralanmalı sonuçlanan trafik kazaları, %77 trafik lambası olmayan, asfalt yolların üzerinde yaşanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,11 oranında beklenen bir durumdur.

8. kuralda, düz yollarda yaşanan trafik kazaları, %74 yerleşim yerlerinde, asfalt ve kuru yüzeyli yollarda, yaralanmalı sonuçlanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,08 oranında beklenen bir durumdur.

9. kuralda, yerleşim yeri içinde, düz asfalt yollarda, trafik lambası olmaya, hava durumunun açık, yol sorunu ve yol çalışması olmayan yollardaki kazalar, %73 yol yüzeyinin kuru olduğu caddelerde meydana gelmiştir. Apriori algoritması lift değerine göre 1,34 oranında ilginç olarak değerlendirmiştir.

10. kuralda, yerleşim yeri içinde, yol yüzeyini kuru olduğu yollarda meydana gelen kazalar, %70 düz caddelerde yaralanmalı sonuçlanmıştır. Apriori algoritması lift değerine göre 1,24 oranında ilginç olarak değerlendirmiştir.

## SONUÇLAR

Trafik kazaları her gün binlerce insanın yaralanmasına veya hayatını kaybetmesine neden olan en büyük etmenlerdendir. Trafik kazalarının analizinde makine öğrenme teknikleri son yıllarda sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Bu çalışmada, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı'ndan alınan 2017 ile 2020 yılları arasında Kahramanmaraş il merkezi ve ilçelerinde, gerçekleşen 7929 adet trafik kazası ve 28 adet öznitelikten oluşan ölümlü ve yaralanmalı trafik kazaları makine öğrenme teknikleri ile analiz edilmiştir. Çalışmadaki analiz işlemleri, ön işleme ve görsel karşılaştırma, sınıflandırma ve birliktelik algoritmaları kullanılarak dört farklı yöntem ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlara değinilmiştir.

Veri ön işleme ve görsel karşılaştırma sonuçlarına göre; trafik, saat 16:00 ile 20:00 arası, sabah saat 04:00 ile 08:00 arası dikkat edilmesi gereken zamanlardır. En çok trafik kazası Kahramanmaraş il merkezinde yaşanırken ölümlü sonuçlanan kazalarda sırası ile il merkezi, Göksun, Onikişubat ve Pazarcık ilçelerinin öne çıktığı görülmektedir. Yerleşim yeri dışında meydana gelen kazalar yerleşim yeri içinde meydana gelen kazaların %20 kadar olsa da ölümlü sonuçlanan kaza sayılarına göre ölüm oranının yüksek olduğu gözlenmiştir. Kazalar daha çok gündüz vakti iki aracın bir biriyle yandan çarpıştığı, kuru zeminli, açık havalarda, cadde üzerinde, eğimsiz, düz, asfalt, trafik lambası ve levhası olmayan yollarda yaşandığı görülmüştür. Bunun yanında gece, eğimli yollarda, tek aracın yoldan çıkması veya yaya çarpması ile meydana gelen kazalarda ölümlü sonuçlanma olasılığının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sınıflandırma yönteminde kullanılan NB, SVM, kNN, AdaBoostM1, PART, J48 (C4.5) ve RF algoritmaları ile trafik kazaları analiz edildiğinde; gelecekte yaşanacak kazaların; daha çok pazartesi günleri, saat 12:00 ile 16:00 arasında, yerleşim yeri içinde, bölünmüş veya iki yönlü, kuru yüzeyli asfalt caddelerde, düz ve eğimsiz yollarda, açık havalarda, yaya yolu olan, emniyet şeridi ve banket olmayan, yol şeridi olan, trafik lambası ve levhası olmayan, yol çalışması olmayan, yol üzerinde iki aracın yandan çarpıştığı ve kazaların yaralanmalı olarak sonuçlanacağı tahmin edilmektedir. Algoritmaların performans ölçütlerine bakıldığında karar ağaçlarından J48 algoritması en başarılı sonuçları elde ederken, NB algoritmasının başarı düzeyi kötü olmasa da diğer algoritmalara oranla daha düşük olduğu görülmüştür.

Birliktelik kuralı algoritması ile trafik kazalarının birbiriyle olan ilişkileri incelendiğinde; kazalar yerleşim yeri içinde, bölünmüş ve asfalt yollarda, düz ve eğimsiz yollarda, gündüz, açık havalarda, yol yüzeyinin kuru olduğu ve yol sorununun olmadığı yollarda, yaya yolu olan, yol çalışması olmayan, yol şeridi olan, emniyet şeridi/banket olmayan, trafik levhası ve lambasının olmadığı yollarda araçların yandan çarpışması ile yaralanmalı olarak sonuçlanan kaza unsurlarının birbiri ile daha çok ilişkilendirildiği görülmüştür.

Çalışmada kullanılan yöntemlerin ortak sonucu; hem ölümlü hem de yaralanmalı sonuçlanma olasılığı yüksek ve dikkat edilmesi gereken kazaların daha çok

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

sabah saat 04:00 ile 08:00 ve akşam saat 16:00 ile 20:00 arasında, Kahramanmaraş il merkezi ve Onikişubat ilçesinde yerleşim yeri içerisinde, Göksun ilçesindeki yerleşim yeri dışındaki eğimli ve virajlı yollarda ve Pazarcık ilçesindeki yerleşim yeri dışındaki bölünmüş yollarda yaşanma riskinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca meydana gelen kazalarda genel sebepleri; sürücülerin trafik ve hız kurallarına uymaması, trafik lambası, trafik levhası, yaya yolu, emniyet şeridi ve banket gibi yol, çevre ve güvenlik ekipmanlarının yetersiz olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada ortaya konulan sonuçlar neticesinde gelecekte yaşanabilecek potansiyel trafik kazaları hakkında bilgiler verilerek bu kazaların önüne geçmek ve gerekli önlemleri almak için sürücü, yolcu, yaya ve devlet otoritelerine yardımcı olmak istenmektedir.

Bu çalışmada literatürden farklı olarak, görsel karşılaştırma, sınıflandırma ve birliktelik kuralı yöntemleri bir arada kullanılarak bir birini destekleyen daha fazla ve daha farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Trafik kazası verilerinden bazı sınıfların diğerlerine oranla çok sayıda tekrar etmesi, bir algoritmanın sadece yaralanmalı sonuçlanan kazalarını doğru tahmin ederek %99'un üzerinde başarı elde etmesine neden olmaktadır. Bu durumda sadece bir veri sınıfını doğru tahmin ederek büyük başarı elde edildiğini göstermekte ve veri setine bağlı bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma "Makine öğrenme yöntemleri ile Kahramanmaraş ilindeki trafik kazası sonuçlarının analizi ve tahmin edilmesi" başlıklı ve 733517 tez no'lu yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNALAR

Akomolafe, T.D. ve Olutayo, A. (2013). Using Data Mining Technique to Predict Cause of Accident and Accident Prone Locations on Highways. American

- Journal of Database Theory and Application, 1(3), 26-38.
- Aksu, M. ve Karaman, E. (2017). Karar Ağaçları ile Bir Web Sitesinde Link Analizi ve Tespiti. Acta Infologica, 1(2), 84-91.
- Alan, M.A. ve Yeşilyurt, C. (2018). Farklı Veri Setleri Üzerinde SMO ve J48 Algoritmalarının Sınıflandırma Sonuçlarının Karşılaştırılması. İşletme Bilimi Dergisi, 6(3), 199-213.
- AlMamlook, R.E., Kwayu, K.M., Alkasisbeh, M.R. ve Prefer, A.A. (2019). Comparison of Machine Learning Algorithms for Predicting Traffic Accident Severity. In: 2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology, Amman, Jordan.
- Atalay, A. ve Tortum, A. (2010). Türkiye'deki İllerin 1997-2006 Yılları Arası Trafik Kazalarına Göre Kümeleme Analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3).
- Atalay, M. ve Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(22), 155-172.
- Anderson, T.K. (2009). Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. Accident Analysis & Prevention, 41(3), 359-364.
- Bahiru, T.K., Kumar Singh, D. ve Tessfaw, E.A. (2018). Comparative Study on Data Mining Classification Algorithms for Predicting Road Traffic Accident Severity. In: 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies, Coimbatore, India.
- Balci, M., Gölcük, A. ve Kahramanli, H. (2017). İstatistiksel Yaklaşımla Trafik Kazalarındaki Ölüm ve Yaralanma Durumlarının Kusurlu Unsurlarla İlişkilerinin İncelenmesi. Selçuk-Teknik Dergisi, 16(3).
- Bayata, H. ve Hattatoğlu, F. (2014). Erzincan İli İçin Farklı Yöntemlerle Trafik Kaza Tahmin Modellemesi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1), 31-46.
- Beshah, T. ve Hill, S. (2010). Mining Road Traffic Accident Data to Improve Safety: Role of Road-related Factors on Accident Severity in Ethiopia. AAAI Spring Symposium Series.
- Bharati, S., Rahman, M.A. ve Podder, P. (2018). Breast Cancer Prediction Applying Different Classification Algorithm with Comparative Analysis using WEKA. 2018 4th International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology, Dhaka, Bangladesh.
- Bingol, H. (2022). NCA-based hybrid convolutional neural network model for classification of cervical cancer on gauss-enhanced pap-smear images. International Journal of Imaging Systems and Technology.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1163115

- Bingöl, H. (2022). Classification of OME with Eardrum Otoendoscopic Images Using Hybrid-Based Deep Models, NCA, and Gaussian Method. *Traitement du Signal*, 39(4).
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- Brunton, S.L., Noack, B.R. ve Koumoutsakos, P. (2020). Machine Learning for Fluid Mechanics. *Annu Rev Fluid Mech*, 52(1), 477-508.
- Castro, Y. ve Kim, Y.J. (2016). Data mining on road safety: factor assessment on vehicle accidents using classification models. *International Journal of Crashworthiness*, 21(2), 104-111.
- Chang, L.Y. ve Chen, W.C. (2005). Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. *Journal of Safety Research*, 36(4), 365-375.
- Chong, M., Abraham, A. ve Paprzycki, M. (2005). Traffic accident analysis using machine learning paradigms. *Informatica*, 29(1).
- Cihan, P. ve Kalıpsız, O. (2016). Öğrenci Proje Anketlerini Sınıflandırmada En İyi Algoritmanın Belirlenmesi. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 8(1),41-49.
- Çoban, T. (2011). Makine Öğrenme Algoritmaları ile Web Siteleri Tıklamalarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, İstanbul.
- Geymen, A. ve Dedeoğlu, O.K. (2016). Reducing Traffic Accidents Using Geographical Information Systems: Kahramanmaraş Case Study. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(2), 79-88.
- Güner, S., Codal, K.S., Geçer, H.S. ve Coşkun, E. (2018). Trafik Kaza Desenlerinin Tanımlanmasında K-Means Kümeleme Algoritmasının Kullanılması: Sakarya İli Uygulaması. *İşletme Bilimi Dergisi*, 6(3), 89-105.
- Hussain, S., Muhammad, L.J., Ishaq, F.S., Yakubu, A. ve Mohammed, I.A. (2019). Performance Evaluation of Various Data Mining Algorithms on Road Traffic Accident Dataset. *Information and Communication Technology for Intelligent Systems*. Singapore.
- Can, U. ve Alatas, B. (2017). Automatic mining of quantitative association rules with gravitational search algorithm. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 27(03), 343-372.
- Kiranmai, A.K. ve Laxmi, J.A. (2018). Data mining for classification of power quality problems using WEKA and the effect of attributes on classification accuracy. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 3(1).
- Krishnaveni, S. ve Hemalatha, M.A. (2011). Perspective Analysis of Traffic Accident using Data Mining Techniques. *International Journal of Computer Applications*, 23(7),40-48.
- Kuşkapan, E. ve Çodur, M.Y. (2022). Trafik Kazalarının Sınıflandırılmasında Çok Katmanlı Algılayıcı, Regresyon ve En Yakın Komşuluk Algoritmalarının Performans Analizi. *Journal of Polytechnic*, 25(1).
- Li, J., He, J., Liu, Z., Zhang, H., Zhang, C. ve Elkamel, A. (2019). Traffic accident analysis based on C4.5 algorithm in WEKA. *MATEC Web of Conferences*, Jiangsu, China.
- Li, L., Shrestha, S. ve Hu, G. (2017). Analysis of road traffic fatal accidents using data mining techniques. 2017 IEEE 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications, London, UK.
- Mateus, O.H., Quintana Jiménez, L.A., López-Valdés, F.J., Morales-Londoño, N. ve Salas-Navarro, K. (2019). Using Data-Mining Techniques for the Prediction of the Severity of Road Crashes in Cartagena, Colombia. *Applied Computer Sciences in Engineering*, 309-320.
- Mujalli, R.O., López, G. ve Garach, L. (2016). Bayes classifiers for imbalanced traffic accidents datasets. *Accident Analysis & Prevention*, 88, 37-51.
- Na, S., Xumin, L. ve Yong, G. (2010). Research on k-means Clustering Algorithm: An Improved k-means Clustering Algorithm. 2010 Third International Symposium on Intelligent Information Technology and Security Informatics, Jian, China.
- Nafie, A.F.M. ve Mohamed, H.A.A. (2018). Usage Apriori and clustering algorithms in WEKA tools to mining dataset of traffic accidents. *Journal of Information and Telecommunication*, 2(3), 231-245.
- Nandurge, P.A. ve Dharwadkar, N.V. (2017). Analyzing road accident data using machine learning paradigms. In: 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud), Palladam, India.
- Naqa, E.I. ve Murphy, M.J. (2015). What Is Machine Learning? In: Naqa EI, Li R, Murphy MJ, eds. *Machine Learning in Radiation Oncology*. Springer International Publishing, 3-11.
- Nikam, S.S. (2015). A Comparative Study of Classification Techniques in Data Mining Algorithms. *International Journal of Modern Trends in Engineering & Research*, 8(1), 13-19.
- Nilsson, N.J. (1996). *Introduction to Machine Learning, An Early Draft of a Proposed Textbook*, Stanford, California.
- Oña, J., Mujalli, R.O. ve Calvo, F.J. (2011). Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 402-411.
- Özcan, M. ve Küçükönder, M. (2020). Investigation of Spatiotemporal Changes in the Incidence of Traffic Accidents in Kahramanmaraş, Turkey, Using GIS-Based Density Analysis. *J Indian Soc Remote Sens*, 48(7), 1045-1056.
- Özden, C. ve Acı, Ç. (2018). Makine öğrenmesi yöntemleri ile yaralanmalı trafik kazalarının analizi: Adana

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1163115

- örneği. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(2), 266-275.
- Parsania, D.V.S., Jani, D.N.N. ve Bhalodiya, N.H. (2014). Applying Naïve bayes, BayesNet, PART, JRip and OneR Algorithms on Hypothyroid Database for Comparative Analysis. International Journal of Darshan Institute, 3(1), 60-64.
- Perez, G.V.A., Lopez, J.C., Cabello, A.L.R., Grajales, E.B., Espinosa, A.P. ve Fabian, J.L.Q. (2018) Road Traffic Accidents Analysis in Mexico City through Crowdsourcing Data and Data Mining Techniques. International Journal of Computer and Information Engineering, 12(8), 604-608.
- Sandıkçı, Y. ve Aydilek, İ.B. (2018). Tarımsal Veri Analizlerinin Veri Madenciliği ile Yapılması. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3(2), 1-7.
- Schuld, M., Sinayskiy, I. ve Petruccione, F. (2015). An introduction to quantum machine learning. Contemporary Physics, 56(2), 172-185.
- Soylu, K. (2018). Kredi Kartı Sahte İşlem Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Taamneh, M., Alkheder, S. ve Taamneh, S. (2017). Data-mining techniques for traffic accident modeling and prediction in the United Arab Emirates. Journal of Transportation Safety & Security, 9(2), 146-166.
- Taamneh, M., Taamneh, S. ve Alkheder, S. (2017). Clustering-based classification of road traffic accidents using hierarchical clustering and artificial neural networks. International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 24(3), 388-395.
- Taşçı, M.E. ve Şamlı, R. (2020). Veri Madenciliği İle Kalp Hastalığı Teşhisi. European Journal of Science and Technology, 88-95.
- Umadevi, S. ve Marseline, K.S.J. (2017). A survey on data mining classification algorithms. In: 2017 International Conference on Signal Processing and Communication, Coimbatore, India.
- Wei, J., Chu, X. ve Sun, X. (2019). Machine learning in materials science. InfoMat, 1(3), 338-358.
- WHO, Global Status Report On Road Safety (2015). [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44122/9789241563840\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44122/9789241563840_eng.pdf) (Erişim tarihi: 12.03.2022).
- WHO, Global Status Report On Road Safety (2018). <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276462/9789241565684-eng.pdf> (Erişim tarihi: 12.03.2022).
- Yavuz, A.A., Ergül, B. ve Aşık, E.G. (2021). Trafik Kazalarının Makine Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. International Journal of Engineering Research and Development, 13(1), 66-73.
- Zengin, B., Kaymaz, K. ve Arslannur, B. (2018). Tunceli İlindeki Trafik Kazası Oranlarının İncelenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 318-324.
- Zhang, X.F. ve Fan, L. (2013). A decision tree approach for traffic accident analysis of saskatchewan highways. 2013 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Regina, SK, Canada.
- Zhang, X.D. (2020). Machine Learning. In: A Matrix Algebra Approach to Artificial Intelligence, Springer Singapore, 223-440.

## Bir Otomotiv İşletmesinde Vikor Yöntemi ile Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçimi

Caner Çil, Selen Avcı Azkeskin\*, Zerrin Aladağ

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
canercil.99@gmail.com<sup>ID</sup>, \*selen.avci@kocaeli.edu.tr<sup>ID</sup>, zaladag@kocaeli.edu.tr<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi:20.05.2022 Makale kabul tarihi:26.10.2022

### Öz

İşletmeler, kar elde edebilmek ve rekabetçi koşullarda ayakta kalabilmek için katma değeri yüksek nihai ürünler oluşturmak zorundadır. Bu bağlamda, mevcut üretim faktörlerinin uyumlu ve işletmenin hedeflerine göre planlanmış olması uzun dönemli bir döngü için oldukça önemlidir. Makineler, üretimde verimliliğe doğrudan etki eden unsurlar olarak üretim faktörlerinin en önemlileri arasında yer almaktadır. İşletmeler, zaman zaman tesis ve makine yerleşiminin düzenlenmesi, yeni makine ve teknolojilerin alınması gibi karar problemleriyle karşı karşıya kalırlar. Karar problemlerinde birden fazla kriter ve alternatif olması durumunda en uygun kararı verebilmek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine başvurulabilir. Bu çalışmada, Bursa ilinde faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi işletmesinde mevcut plastik enjeksiyon makinelerinin artan üretim taleplerini karşılamak için yetersiz kalmasından dolayı yeni bir enjeksiyon makinesi satın alma problemi incelenmektedir. Bu amaçla, uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen kriterler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve CRITIC (Kriterler arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti - CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemleri ile ayrı ayrı ağırlıklandırılmış; sonrasında VIKOR (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm - VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. VIKOR yönteminde maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını gösteren parametrenin değiştirilmesiyle duyarlılık analizi yapılmış ve sonuç olarak sekiz sıralama elde edilerek uygun plastik enjeksiyon makinesi seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** AHP, CRITIC, enjeksiyon, makine, otomotiv, VIKOR

## Selection of Plastic Injection Machine with Vikor Method in a Automotive Enterprise

### Abstract

Companies have to create end products with high added value in order to make profit and survive in competitive conditions. In this regard, it is very important for a long-term cycle that the existing production factors are compatible and planned according to the goals of the enterprise. Machines are among the most important factors of production as they directly affect productivity. Occasionally, companies encounter decision problems such as arranging plant and machine layout, purchasing new machines and technologies. In case of multiple criteria or alternatives, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods can be used to make the most proper decision. In this study, we have examined the problem of purchasing a new injection molding machine in an automotive supply industry company operating in Bursa, because the existing ones are insufficient to meet the increasing production demands. For this, we have weighed the criteria, which we determined in accordance with expert opinions, separately with the Analytical Hierarchy Process (AHP) and CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) methods, and then we have ranked the alternatives with the VIKOR (VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) method. We have performed a sensitivity analysis by changing the parameter indicating the weight of the strategy that provides the maximum group benefit in the VIKOR method, and as a result, obtained eight rankings and selected the proper injection molding machine.

**Keywords:** AHP, CRITIC, injection, machine, automotive, VIKOR



## GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin ana hedefi, doğru pazar araştırmaları ile müşterilerin taleplerini en iyi şekilde anlamak ve katma değeri yüksek nihai ürünler ortaya çıkararak kar elde etmektir. Üretim yapan işletmeler; herhangi bir ürüne olan talebin artması, mevcut ürünün ömrünü tamamlaması, hedef kitlenin görüşlerinin değişmesi vb. durumlarda birtakım talepleri karşılayamaz duruma gelebilmektedir. Bu durumda yöneticiler, müşterilerin taleplerine yeniden cevap verebilmek için çeşitli karar problemleri ile karşı karşıya kalırlar (Şahin, 2020). İşletmelerin mevcut kaynaklarını etkin ve verimli bir şekilde kullanarak doğru zaman, kalite ve miktarda üretim yapabilmesi için verilecek en önemli kararlardan biri makine seçimidir. Verimlilik, güvenlik, maliyet, kullanım kolaylığı vb. birçok faktörün dikkate alınmasını gerektirdiğinden yeni makine seçimi oldukça zor ve karmaşık bir süreçtir (Arslan, 2004; Önüt, 2008 Akpınar, 2021). Bunun yanında makine seçimi; tesis yerleşimi, işçi sayısı, üretim kapasitesi gibi pek çok faktörü doğrudan etkilediğinden uzmanlık ve objektif bakış açısı gerektiren bir süreçtir (Arslan ve Budak, 2004).

Plastik malzemeler, çeşitli şekillerde işlenebilme özellikleri, küçük boyutlarda imal edilebilmeleri, montaj ve depolama kolaylıkları yanı sıra maliyet avantajları ile elektrik elektronik ve otomotiv başta olmak üzere birçok sektör için oldukça önemlidir (Kurt, 2012). Plastik malzemelerin üretiminde birden çok yöntem kullanılır. Bu yöntemlerden birisi de plastik enjeksiyon yöntemidir. 18. yy'ın başlarından

itibaren uygulanan plastik enjeksiyon işlemi, günümüzde yatay ve dikey eksenli enjeksiyon makineleri ile gerçekleştirilmektedir (Gültaş, 2004).

Bu çalışmada, Bursa ilinde araç ön, arka, iç aydınlatma, yağ deposu ve dikiz aynası üreten bir otomotiv yan sanayi işletmesinde artan talepleri karşılamak üzere yeni bir plastik enjeksiyon makinesi seçim problemi ele alınmıştır. Bu kapsamda, kriterler ve işletmenin üretim yapısına uygun olan alternatifler işletmede karar verici pozisyonunda bulunan ve enjeksiyon makinelerinden sorumlu üç kişilik bir uzman ekip tarafından belirlenmiştir. Kriterler, eşit önemde olmadıkları varsayımı ile karşılaştırılmak üzere Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Kriterlerarası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti (CRITIC) yöntemleri ile ayrı ayrı ağırlıklandırılmıştır. Ardından, söz konusu ağırlıklar uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve uzlaşık bir çözüme ulaşmayı sağlayan güçlü bir sıralama yöntemi olan VIKOR (VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje)'da kullanılmıştır. VIKOR yönteminde maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını gösteren parametrenin değiştirilmesiyle duyarlılık analizi yapılmış ve sonuç olarak 8 alternatif sıralaması elde edilmiştir.

Literatürde, makine seçiminde VIKOR, AHP ve CRITIC yöntemleri ve bunların bulanık açılımlarının tek tek ya da hibrit şekilde kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Tablo 1'de, bu çalışmalardan bazılarının yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Literatür Özeti

Yazar (Yıl)	Yöntem	Seçim Problemi
Ayağ ve Özdemir (2006)	AHP	Takım tezgahı
Dağdeviren (2008)	AHP ve PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)	Freze makinesi
Önüt (2008)	AHP ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	Takım tezgahı
Samvedi vd. (2012)	AHP ve Gri İlişkisel Analiz (GİA)	Takım tezgahı
Karim ve Karmaker (2016)	AHP ve TOPSIS	Makine
Wu vd. (2016)	VIKOR	CNC makinesi
Kısa ve Perçin (2017)	DEMATEL ve VIKOR	Mermir kesme makinesi
Demircioğlu ve Coşkun (2018)	CRITIC ve MOOSRA	Kesintisiz güç kaynağı
Faydalı ve Erkan (2019)	VIKOR	Paketleme makinesi
Yazıcı vd. (2021)	ANP, VIKOR ve PROMETHEE	İşleme merkezi
Olabanji ve Mporfu (2021)	AHP ve GİA	Boru bükme makinesi

Tablo 1’de Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile makine seçimi problemlerinden örnekler sunulmuştur. Plastik enjeksiyon makinesi seçimi özelinde incelendiğinde ise Özbek (2013)’in çalışması dikkat çekmektedir. Çalışmada, belirlenen kriterler bir anket aracılığıyla karar vericilere sorulmuş ve Pareto analizi ile önemli kriterler seçilmiştir. Sonrasında, Aksiyomatik Tasarım yönteminin Bilgi Aksiyomu kullanılarak plastik enjeksiyon makinesi seçimi yapılmıştır. Bu çalışma da literatürde karar problemlerine fazla konu olmamış “plastik enjeksiyon makinesi”ne odaklanmıştır. Özbek (2013)’in çalışmasından farklı olarak kriter ağırlıkları iki farklı ÇKKV yöntemi ile elde edilmiştir. Ayrıca, VIKOR yönteminde maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını gösteren parametrenin değiştirilmesiyle duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın birçok işletme için önemli bir maliyet kalemi olan makine seçiminde karar vericilere fayda ve gerçek bir problem olması bakımından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL VE METOT

### Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Metodu

AHP, Saaty (1972) tarafından ortaya koyulmuş yaygın olarak kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. Hedef, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasında hiyerarşik bir yapı oluşturulmuş bir karar probleminde ikili karşılaştırmalar ile kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesini sağlar.

Aşağıda AHP yönteminin adımlarından kısaca bahsedilmiştir (Al-Harbi, 2001; Kabak ve Dağdeviren, 2017):

**Adım 1:** Yöntemin ilk aşaması amacın belirlenmesi ve hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır.

**Adım 2:** İkili karşılaştırmalar sonucunda hangi karar elemanının daha önemli olduğu  $a_{ij}$  ile ifade edilen bir değer ile gösterilmektedir. Buradaki  $a_{ij}$   $i$ . kriterin  $j$ . kritere göre ne kadar üstün olduğunu belirtmektedir. İkili karşılaştırmalar sonucunda  $n \times n$  boyutlu ve köşegen elemanları 1 olan bir matris oluşturulmaktadır.  $i$  kriteri  $j$ 'ye göre  $a_{ij}$  önemli ise  $j$  kriteri de  $i$ 'ye göre  $1/a_{ji}$  önemli olacaktır. İkili karşılaştırma matrisi Eşitlik 1.'de verilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{n1} & a_{n2} = 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Birden fazla karar vericinin bulunduğu durumlarda, her karar verici kriterler için ikili karşılaştırma matrisi hazırlar ve bu ikili karşılaştırma matrisleri Eşitlik 2'deki gibi geometrik ortalama yardımıyla birleştirilir.

$$a_{nn} = \sqrt[n]{a_{nn}^{(1)} \times a_{nn}^{(2)} \times \dots \times a_{nn}^{(n)}} \quad (2)$$

**Adım 3:** İkili karşılaştırma matrisinde bulunan sütun elemanları sütun toplamına bölünerek normalize edilmektedir. Normalizasyon işlemi Eşitlik 3. ile yapılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

**Adım 4:** Eşitlik 4.'te gösterildiği gibi her bir satır değerleri toplanır ve matris boyutuna ( $n$ ) bölünerek her bir kriter için yüzde önem ağırlıkları ( $w_i$ ) belirlenir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (4)$$

**Adım 4:** Karar vericilerin ikili karşılaştırmalar sırasında tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranı hesaplanmalıdır. Tutarlılık oranı ( $CR$ ) değeri 0.1'den küçük ise ikili karşılaştırma tutarlı kabul edilir. En büyük özdeğer ( $\lambda_{maks}$ ) ve tutarlılık indeksi ( $CI$ ) formülleri sırasıyla Eşitlik 6. ve Eşitlik 6.'da verilmiştir.

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right) \quad (5)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{maks} - n)}{n - 1} \quad (6)$$

$CI/RI$  ile hesaplanarak tutarlılık ( $CR$ ) elde edilmektedir.

### CRITIC Metodu

CRITIC (Kriterlerarası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti) metodu, Diakoulaki vd. (1995) tarafından literatüre kazandırılmış bir

yöntemdir. Yöntemin adımları aşağıda özetlenmiştir (Vujicic, 2017, Ulutaş ve Cengiz, 2018):

**Adım 1:** Karar matrisi oluşturularak normalize edilir.  $j=1,2,3,\dots,n$  kriter ve  $i=1,2,3,\dots,m$  alternatif olmak üzere eğer  $j$ . kriter fayda özelliğine sahip ise Eşitlik 7., maliyet özelliğine sahip ise Eşitlik 8. kullanılmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (8)$$

**Adım 2:** Eşitlik 9. kullanılarak  $j$  kriteri ve  $k$  kriteri arasındaki korelasyon değerleri ( $\rho_{jk}$ ) hesaplanır.

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad (9)$$

**Adım 3:** Eşitlik 11. kullanılarak  $C_j$  değerleri hesaplanır. Formülde bulunan  $\sigma_j$  ifadesi  $j$ . kriterin standart sapmasını ifade etmekte olup Eşitlik 10. kullanılarak elde edilmektedir.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}} \quad (10)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}) \quad (11)$$

**Adım 4:** Eşitlik 12.'de gösterildiği üzere kriter ağırlıkları ( $W_j$ ) hesaplanır.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n (C_k)} \quad (12)$$

### VIKOR Metodu

VIKOR (VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) metodu, karmaşık alternatif ve kriterlerin bulunduğu sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiş bir yöntemdir. Yöntem, Serafim Opricovic tarafından 1998 yılında önerilmiştir (Opricovic, 2004). VIKOR belirli kriterler altında seçilen alternatiflerin sıralanması ve en uygun olanının seçilmesi üzerine kurulmaktadır.

Ayrıca uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve uzlaşık bir çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Yöntemin adımları aşağıda verilmiştir (Aktaş vd., 2015):

**Adım 1:** Her bir kriter için en iyi ( $f_j^*$ ) ve en kötü ( $f_j^-$ ) değerler belirlenmektedir. Burada  $j=1,2,3,\dots,m$  kriter ve  $i=1,2,3,\dots,n$  alternatif bulunmaktadır.  $j$ . kriter bir fayda özelliğine sahip ise Eşitlik 13., maliyet özelliğine sahip ise Eşitlik 14. kullanılmaktadır.

$$f_j^* = \max_{ij} \quad f_j^- = \min_{ij} \quad (13)$$

$$f_j^* = \min_{ij} \quad f_j^- = \max_{ij} \quad (14)$$

**Adım 2:** İkinci adımda doğrusal normalizasyon yapılmaktadır. Eşitlik 15. ve Eşitlik 16.'da normalizasyon işlemleri görülmektedir.  $r_{ij}$  normalize değerleri ifade ederken  $R$  ise normalize karar matrisini göstermektedir.

$$r_{ij} = \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \quad (15)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

**Adım 3:** Üçüncü adımda Eşitlik 17. ve Eşitlik 18. kullanılarak normalize matris ağırlıklandırılmaktadır.  $V$  ağırlıklı normalize karar matrisini göstermektedir.

$$V_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (17)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (18)$$

**Adım 4:** Eşitlik 19.'da  $S_i$  ve Eşitlik 20.'de  $R_i$  değerleri hesaplanmaktadır.  $S_i$  değerleri her bir alternatif için kriter değerlerinin toplamını ifade etmektedir.  $R_i$  ise her bir alternatif için mevcut kriterlerin en yüksek değerini göstermektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \quad (19)$$

$$R_i = \max_j (w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-}) \quad (20)$$

**Adım 5:**  $Q_i$  değerlerinin hesaplanması için kullanılan parametreler Eşitlik 21., Eşitlik 22., Eşitlik 23, Eşitlik 24. ve Eşitlik 25.'te yer almaktadır. Burada,  $q$  maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı  $(1-q)$  ise karşıt görüştekilerin pişmanlığını gösteren stratejinin ağırlığını ifade etmektedir.

$$S^* = \min S_i \quad (21)$$

$$S^- = \max S_i \quad (22)$$

$$R^* = \min R_i \quad (23)$$

$$R^- = \max R_i \quad (24)$$

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1 - q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (25)$$

**Adım 6:** Elde edilen  $Q_i$ ,  $S_i$  ve  $R_i$  küçükten büyüğe doğru sıralanır. Eğer iki koşul sağlanırsa en küçük değer en iyi alternatif olmaktadır. Kabul edilebilir avantaj koşulu (C1) en iyi ve en iyiye yakın iki alternatif arasında belirgin bir farkın varlığını araştıran koşuldur ve Eşitlik 26.'te verilmiştir.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (26)$$

$P_1$  ilk sırada,  $P_2$  ikinci sırada yer alan alternatiflerdir.  $D(Q)$  parametresi ise alternatif sayısına bağlıdır ve Eşitlik 27.'de verilmiştir.

$$D(Q) = \frac{1}{(i - 1)} \quad (27)$$

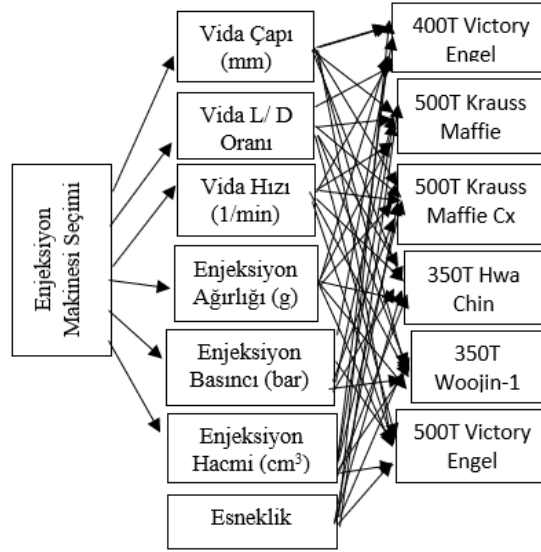
Eğer bu koşul sağlanmıyorsa,  $P_1, P_2, \dots, P_M$  alternatifleri ile Eşitlik 28.'deki gibi bir eşitsizlik oluşturulur.

$$Q(P_M) - Q(P_1) \leq D(Q) \quad (28)$$

Kabul edilebilir istikrar koşuluna (C2) göre  $P_1$  alternatifi,  $S$  ve  $R$  değerlerinde en az birinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Eğer bu koşul sağlanmıyorsa,  $P_1$  ve  $P_2$  alternatifleri uzlaşık çözüm olarak kabul edilir. Her iki koşulun da sağlanması durumunda elde edilen sıralamanın istikrarlı ve kullanılabilir olduğu sonucuna varılmaktadır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren bir otomotiv işletmesi için yeni bir plastik enjeksiyon makinesi seçimi üzerinde durulmaktadır. Probleme, kriter ağırlıklandırma için AHP ve CRITIC yöntemleri kullanılmakta ve alternatifler VIKOR ile sıralanmaktadır. Probleme ilişkin 7 kriter ve 6 alternatif enjeksiyon makinelerinden sorumlu uzman ekip tarafından belirlenmiştir. Kriterler; vida çapı (mm), vida (L/D) oranı, vida hızı (1/min), enjeksiyon ağırlığı (g), enjeksiyon basıncı (bar), enjeksiyon hacmi (cm<sup>3</sup>) ve esnekliktir. Enjeksiyon ünitesinde çeşitli üreticiler vida çapı ve vida hızı için değişik seçenekler sunabilmektedir. Vida L/D oranı makineler için önemli bir niteliktir. L/D değeri yüksek (22:1) olan makinelerde yüksek sıkıştırma nedeniyle daha iyi karıştırma ve daha düzgün ısıtma elde edilebilir. 20:1 L/D oranına sahip makineler ise orta gereksinimli genel uygulamalar için kullanılabilir. Son olarak 18:1 veya daha düşük L/D oranına sahip makineler düşük basınçlı uygulamalarda kullanılabilir. Enjeksiyon ağırlığı, enjektör boşken enjekte edilen plastiğin toplam ağırlığı şeklinde tanımlanabilir ve enjeksiyon ünitesinin önemli bir niteliğidir. Enjeksiyon basıncı, makine enjeksiyona başladığında ocakta oluşan basınçtır. Enjeksiyon hacmi, enjeksiyon safhasında makinenin kalıba basabileceği maksimum eriyik hacmidir (Özbek, 2013; Milli Eğitim Bakanlığı, 2013). Esneklik ise belirlenmiş alternatiflerin işletmenin üretim yöntemlerine uygunluklarını belirtmekte olup uzman ekip tarafından alternatifler bazında 1-10 arasında puanlanmıştır. Alternatifler; piyasada mevcut olanlar arasından tedarik mesafesi ve teslim süresi, maliyet, üretimde mevcut olan ve yüksek verimlilik sağlayanlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Söz konusu alternatifler, 500T Krauss Maffie Cx, 500T Krauss Maffie, 400T Victory Engel, 500T Victory Engel, 350T Woojin-1 ve 350T Hwa Chin olup yukarıda bahsedilen özellikler bakımından birbirine benzerdir. Hiyerarşik model Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Enjeksiyon Makinesi Hiyerarşik Model

Tablo 2. Nihai İkili Karşılaştırma Matrisi ve Kriter Ağırlıkları

	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Vida Çapı (mm)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Vida Hızı (1/min)	Vida L/D Oranı	Esneklik	Kriter Ağırlıkları
Enjeksiyon Ağırlığı (g)	1.00	0.55	1.00	0.87	1.26	1.26	1.44	0.141
Enjeksiyon Basıncı (bar)	1.82	1.00	1.00	0.69	1.82	0.79	0.69	0.153
Vida Çapı (mm)	1.00	1.00	1.00	0.28	0.54	0.87	1.44	0.112
Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	1.14	1.44	3.56	1.00	0.58	0.74	1.26	0.166
Vida Hızı (1/min)	0.79	0.55	2.92	1.71	1.00	1.26	1.82	0.179
Vida L/D Oranı	1.00	1.26	1.96	1.08	0.79	1.00	1.44	0.156
Esneklik	0.55	1.14	0.69	0.60	0.38	0.58	1.00	0.093

### AHP ile Kriter Ağırlıklarının Analizi

AHP ile kriter ağırlıklarının hesaplanabilmesi için fabrika müdürü, üretim mühendisi ve formenden oluşan üç kişilik bir uzman ekibi kurulmuştur. Ekibin her üyesi ikili karşılaştırma matrislerini ayrı ayrı doldurmuş ve bu matrislerdeki değerlerin geometrik ortalamaları (Eşitlik 2) alınarak Tablo 2'de gösterilmiş olan nihai ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Tüm matrisler için tutarlılık analizi yapılmıştır. Tutarlılık oranı (CR) üç matrisle sırasıyla 0.041, 0.024 ve 0.028 olarak hesaplanmıştır. Nihai ikili karşılaştırma matrisinde ise bu oran 0.086 olarak bulunmuştur. Tüm değerler <0.1 olduğundan karar

vericilerin ikili karşılaştırmalarda tutarlı olduğu ve sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Kriter ağırlıkları; enjeksiyon ağırlığı, enjeksiyon basıncı, vida çapı, enjeksiyon hacmi, vida hızı, vida oranı ve esneklik için sırasıyla 0.141, 0.153, 0.112, 0.166, 0.179, 0.156 ve 0.093 olarak hesaplanmıştır.

### CRITIC ile Kriter Ağırlıklarının Analizi

Tablo 3'te CRITIC ile hesaplanmış olan kriter ağırlıkları yer almaktadır. Analiz sonuçlarına göre, vida çapı, vida oranı, enjeksiyon ağırlığı, vida hızı, enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hacmi ve esneklik kriter ağırlıkları sırasıyla 0.143, 0.153, 0.132, 0.152, 0.146, 0.130 ve 0.144'tür.

**Tablo 3.** CRITIC ile Hesaplanan Kriter Ağırlıkları

<b>Karar Matrisi</b>	Vida Çapı (mm)	Vida L/D Oranı	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Vida Hızı (1/min)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Esneklik
500T Krauss Maffie Cx	80	20	1464	330	1856	900	4
400T Victory Engel	70	21	1350	315	2050	510	8
350T Hwa Chin	65	22	1183	280	2067	650	5
350T Woojin-1	70	20	1133	320	1980	330	3
500T Victory Engel	35	20	1430	400	2400	192	2
500T Krauss Maffie	80	23	1404	189	2000	810	2
<b>Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	1.000	0.000	1.000	0.668	0.000	1.000	0.333
400T Victory Engel	0.778	0.333	0.656	0.597	0.357	0.449	1.000
350T Hwa Chin	0.667	0.667	0.151	0.431	0.388	0.647	0.500
350T Woojin-1	0.778	0.000	0.000	0.621	0.228	0.195	0.167
500T Victory Engel	0.000	0.000	0.897	1.000	1.000	0.000	0.000
500T Krauss Maffie	1.000	1.000	0.819	0.000	0.265	0.873	0.000
<b>İlişki Katsayı Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	1.000	0.380	-0.065	-0.710	-0.959	0.807	0.237
400T Victory Engel	0.380	1.000	-0.041	-0.894	-0.146	0.488	0.000
350T Hwa Chin	-0.065	-0.041	1.000	0.109	0.133	0.310	-0.139
350T Woojin-1	-0.710	-0.894	0.109	1.000	0.515	-0.648	0.053
500T Victory Engel	-0.959	-0.146	0.133	0.515	1.000	-0.756	-0.246
500T Krauss Maffie	0.807	0.488	0.310	-0.648	-0.756	1.000	0.114
<b>1-<math>\rho_{jk}</math> Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	0.620	1.065	1.710	1.959	0.193	0.763
400T Victory Engel	0.620	0.000	1.041	1.894	1.146	0.512	1.000
350T Hwa Chin	1.065	1.041	0.000	0.891	0.867	0.690	1.139
350T Woojin-1	1.710	1.894	0.891	0.000	0.485	1.648	0.947
500T Victory Engel	1.959	1.146	0.867	0.485	0.000	1.756	1.246
500T Krauss Maffie	0.193	0.512	0.690	1.648	1.756	0.000	0.886
$\sigma_j$	<b>0.370</b>	<b>0.422</b>	<b>0.415</b>	<b>0.329</b>	<b>0.336</b>	<b>0.388</b>	<b>0.380</b>
$C_j$	<b>2.050</b>	<b>2.198</b>	<b>1.888</b>	<b>2.178</b>	<b>2.090</b>	<b>1.861</b>	<b>2.273</b>
$W_j$	<b>0.141</b>	<b>0.151</b>	<b>0.130</b>	<b>0.150</b>	<b>0.144</b>	<b>0.128</b>	<b>0.156</b>

**AHP- VIKOR Analizi**

AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları VIKOR yöntemi için temel girdiyi oluşturmaktadır. Buradaki 0.112, 0.15, 0.141, 0.179, 0.153, 0.166 ve 0.093 değerleri kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Tablo 4'te VIKOR yönteminin analiz sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5'te ise  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri,  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  değerleri ve  $Q$  değerleri hesaplanmaktadır.  $Q_i$  0.000, 0.250, 0.500, 0.750 ve 1.000 değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

**Tablo 4.** AHP- VIKOR Analizi

$W_{ij}$	0.112	0.156	0.141	0.179	0.153	0.166	0.093
<b>Karar Matrisi</b>	Vida Çapı (mm)	Vida L/D Oranı	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Vida Hızı (1/min)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Esneklik
500T Krauss Maffie Cx	80	20	1464	330	1856	900	4
400T Victory Engel	70	21	1350	315	2050	510	8
350T Hwa Chin	65	22	1183	280	2067	650	5
350T Woojin-1	70	20	1133	320	1980	330	3
500T Victory Engel	35	20	1430	400	2400	192	2
500T Krauss Maffie	80	23	1404	189	2000	810	2
$f_j^*$	<b>80</b>	<b>23</b>	<b>1464</b>	<b>400</b>	<b>2400</b>	<b>900</b>	<b>8</b>
$f_j^-$	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>1133</b>	<b>189</b>	<b>1856</b>	<b>192</b>	<b>2</b>
<b>Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	1.000	0.000	0.332	1.000	0.000	0.667
400T Victory Engel	0.222	0.667	0.344	0.403	0.643	0.551	0.000
350T Hwa Chin	0.333	0.333	0.849	0.569	0.612	0.353	0.500
350T Woojin-1	0.222	1.000	1.000	0.379	0.772	0.805	0.833
500T Victory Engel	1.000	1.000	0.103	0.000	0.000	1.000	1.000
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.181	1.000	0.735	0.127	1.000
<b>Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	0.156	0.000	0.059	0.153	0.000	0.062
400T Victory Engel	0.025	0.104	0.049	0.072	0.098	0.091	0.000
350T Hwa Chin	0.037	0.052	0.120	0.102	0.093	0.059	0.047
350T Woojin-1	0.025	0.156	0.141	0.068	0.118	0.134	0.078
500T Victory Engel	0.112	0.156	0.015	0.000	0.000	0.166	0.093
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.026	0.179	0.112	0.021	0.093

**Tablo 5.**  $S_i, R_i, S^*, S^-, R^*, R^-, Q_i$  Değerleri ve Nihai Sonuç Tablosu

	$S_i$	$R_i$	$S^*$	$S^-$	$R^*$	$R^-$	
500T Krauss Maffie Cx	0.430	0.156	0.430	0.719	0.104	0.179	
400T Victory Engel	0.439	0.104					
350T Hwa Chin	0.510	0.120					
350T Woojin-1	0.719	0.156					
500T Victory Engel	0.542	0.166					
500T Krauss Maffie	0.431	0.179					
	$S_i$	$R_i$	$Q_i$ (q=0.00)	$Q_i$ (q=0.25)	$Q_i$ (q=0.50)	$Q_i$ (q=0.75)	$Q_i$ (q=1.00)
500T Krauss Maffie Cx	0.430 (1)	0.156 (3)	0.688 (3)	0.516 (3)	0.344 (3)	0.172 (2)	0.000 (1)
400T Victory Engel	0.439 (3)	0.104 (1)	0.000 (1)	0.008 (1)	0.016 (1)	0.024 (1)	0.032 (3)

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1117838

350T Hwa Chin	0.510 (4)	0.120 (2)	0.214 (2)	0.230 (2)	0.245 (2)	0.261 (4)	0.276 (4)
350T Woojin-1	0.719 (6)	0.156 (3)	0.688 (3)	0.766 (6)	0.844 (6)	0.922 (6)	1.000 (6)
500T Victory Engel	0.542 (5)	0.166 (4)	0.825 (4)	0.716 (4)	0.606 (5)	0.496 (5)	0.387 (5)
500T Krauss Maffie	0.431 (2)	0.179 (5)	1.000 (5)	0.751 (5)	0.502 (4)	0.254 (3)	0.005 (2)
<b>Q(P2)</b>			0.214	0.230	0.245	0.172	0.005
<b>Q(P1)</b>			0.000	0.008	0.016	0.024	0.000
<b>Q(P2)-Q(P1)</b>			0.214	0.222	0.229	0.148	0.005
<b>D(Q)</b>			0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
<b>K1</b>			DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ	YANLIŞ
<b>K2</b>			DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Tablo 5’te her bir alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplanmıştır. Örneğin 500T Krauss Maffie Cx alternatifinde  $q=0.00$  için  $Q_i$  0.688,  $q=0.25$  için 0.516,  $q=0.50$  için 0.344,  $q=0.75$  için 0.172 ve  $q=1.00$  için ise 0.000 olarak hesaplanmaktadır. Her alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplandıktan sonra kabul edilebilir istikrar ve kabul edilebilir avantaj koşulları kontrol edilmiştir. 400T Victory Engel alternatifi  $q=0.00$ ,  $q=0.25$  ve  $q=0.50$  için iki koşulu da sağladığından en iyi alternatif olarak görülmektedir. Diğer bir deyişle, eğer karar verici plastik enjeksiyon makinesi

seçiminde kriter ağırlıklandırma için AHP yöntemini tercih ederse en iyi alternatif 400T Victory Engel olacaktır.

### CRITIC- VIKOR Analizi

CRITIC ile elde edilen kriter ağırlıkları VIKOR yöntemi için temel girdiyi oluşturmaktadır. Buradaki 0.141, 0.151, 0.130, 0.150, 0.144, 0.128 ve 0.156 değerleri kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Tablo 6’da VIKOR yönteminin analiz sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 6.** CRITIC-VIKOR Analizi

$W_{ij}$	0.141	0.151	0.130	0.150	0.144	0.128	0.156
<b>Karar Matrisi</b>	Vida Çapı (mm)	Vida L/D Oranı	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Vida Hızı (1/min)	Hızı Enjeksiyon Basıncı (bar)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Esneklik
500T Krauss Maffie Cx	80	20	1464	330	1856	900	4
400T Victory Engel	70	21	1350	315	2050	510	8
350T Hwa Chin	65	22	1183	280	2067	650	5
350T Woojin-1	70	20	1133	320	1980	330	3
500T Victory Engel	35	20	1430	400	2400	192	2
500T Krauss Maffie	80	23	1404	189	2000	810	2
<b><math>f_j^*</math></b>	<b>80</b>	<b>23</b>	<b>1464</b>	<b>400</b>	<b>2400</b>	<b>900</b>	<b>8</b>
<b><math>f_j^-</math></b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>1133</b>	<b>189</b>	<b>1856</b>	<b>192</b>	<b>2</b>
<b>Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	1.000	0.000	0.332	1.000	0.000	0.667
400T Victory Engel	0.222	0.667	0.344	0.403	0.643	0.551	0.000
350T Hwa Chin	0.333	0.333	0.849	0.569	0.612	0.353	0.500
350T Woojin-1	0.222	1.000	1.000	0.379	0.772	0.805	0.833



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1117838

500T Victory Engel	1.000	1.000	0.103	0.000	0.000	1.000	1.000
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.181	1.000	0.735	0.127	1.000
<b>Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	0.151	0.000	0.050	0.144	0.000	0.104
400T Victory Engel	0.031	0.101	0.045	0.060	0.092	0.070	0.000
350T Hwa Chin	0.047	0.050	0.110	0.085	0.088	0.045	0.078
350T Woojin-1	0.031	0.151	0.130	0.057	0.111	0.103	0.130
500T Victory Engel	0.141	0.151	0.013	0.000	0.000	0.128	0.156
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.024	0.150	0.106	0.016	0.156

Tablo 7’de  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri ile  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  hesaplanmaktadır.  $Q_i$  değerleri  $q$  0.00, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

**Tablo 7.**  $S_i$ ,  $R_i$ ,  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  Değerleri

	$S_i$	$R_i$	$S^*$	$S^-$	$R^*$	$R^-$
500T Krauss Maffie Cx	0.449	0.151	0.400	0.714	0.101	0.156
400T Victory Engel	0.400	0.101				
350T Hwa Chin	0.504	0.110				
350T Woojin-1	0.714	0.151				
500T Victory Engel	0.590	0.156				
500T Krauss Maffie	0.452	0.156				

**Tablo 8.**  $Q_i$  Değerleri ve Nihai Sonuç Tablosu

	$S_i$	$R_i$	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
	$S_i$	$R_i$	$Q_i$ (q=0.00)	$Q_i$ (q=0.25)	$Q_i$ (q=0.50)	$Q_i$ (q=0.75)	$Q_i$ (q=1.00)
500T Krauss Maffie Cx	0.449 (3)	0.151 (3)	0.907 (3)	0.719 (3)	0.531 (3)	0.343 (3)	0.155 (2)
400T Victory Engel	0.400 (1)	0.101 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)
350T Hwa Chin	0.504 (4)	0.110 (2)	0.171 (2)	0.211 (2)	0.251 (2)	0.292 (2)	0.332 (4)
350T Woojin-1	0.714 (6)	0.151 (3)	0.907 (3)	0.930 (6)	0.953 (6)	0.977 (6)	1.000 (6)
500T Victory Engel	0.590 (5)	0.156 (4)	1.000 (4)	0.901 (5)	0.803 (5)	0.704 (5)	0.605 (5)
500T Krauss Maffie	0.452 (2)	0.156 (4)	1.000 (4)	0.791 (4)	0.582 (4)	0.373 (4)	0.164 (3)
<b>Q(P2)</b>			0.171	0.211	0.251	0.292	0.155
<b>Q(P1)</b>			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Q(P2)-Q(P1)</b>			0.171	0.211	0.251	0.292	0.155
<b>D(Q)</b>			0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
<b>K1</b>			YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ
<b>K2</b>			DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1117838

Tablo 8’de her bir alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplanmıştır. Örneğin 500T Krauss Maffie Cx alternatifinde  $q=0.00$  için  $Q_i$  0.907,  $q=0.25$  için 0.719,  $q=0.50$  için 0.531,  $q=0.75$  için 0.343 ve  $q=1.00$  için ise 0.155 olarak hesaplanmaktadır. Kabul edilebilir istikrar ve kabul edilebilir avantaj koşulları kontrol edildiğinde  $q=0.25$ ,  $q=0.50$  ve  $q=0.75$  için her iki koşulu da sağlayan 400T Victory Engel alternatifi en iyi alternatif olarak görülmektedir. Eğer karar verici plastik enjeksiyon makinesi seçiminde kriter ağırlıklandırma için CRITIC yöntemini dikkate alırsa VIKOR analizi sonucunda en iyi alternatif 400T Victory Engel olacaktır.

## SONUÇLAR

Plastik malzemeler hem gündelik hayatta hem de elektrik elektronik ve otomotiv başta olmak üzere birçok önemli sektörde sıklıkla kullanılmaktadır. Plastik malzemeleri çeşitli yöntemlerle üretmek mümkün olup bu yöntemlerde kullanılan makineleri satın almak ise oldukça maliyetlidir. Bu nedenle, makine seçimleri uzun araştırma ve teknik bilgi isteyen bir iştir. Bu çalışmada, Bursa ilinde faaliyet gösteren, araç ön aydınlatma, arka aydınlatma, iç aydınlatma, yağ depoları ve dikiz aynaları üreten bir otomotiv yan sanayi işletmesinde artan talepleri karşılamak amacıyla yeni bir plastik enjeksiyon makinesi seçimi için VIKOR yöntemi ele alınmıştır. 7 kriter ve 6 alternatif enjeksiyon makinelerinden sorumlu uzman ekip tarafından işletmenin üretim yapısına uygun olarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları AHP ve CRITIC yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca VIKOR yönteminde  $q$  parametresi için 4 farklı değer (0.000, 0.250, 0.500, 0.750 ve 1.000) alınmıştır. Böylece sekiz farklı sıralama elde edilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Diğer bir deyişle edilen sıralamanın doğruluğu kontrol edilmiştir. VIKOR yönteminde hesaplamalar yapıldıktan sonra kabul edilebilir avantaj koşulu (C1) ile en iyi ve en iyiye yakın iki alternatif arasında belirgin bir fark olup olmadığı araştırılır. Sonrasında ise kabul edilebilir istikrar koşulunun (C2) sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Her iki koşulun da sağlanması durumunda elde edilen sıralamanın istikrarlı ve kullanılabilir olduğu söylenebilmektedir. AHP-VIKOR yönteminde  $q=0.00$ ,  $q=0.25$  ve  $q=0.50$  için 400T Victory Engel ilk sırada, 350T Hwa Chin ise ikinci sırada yer alan alternatiflerdir. C1’e göre birinci ve ikinci alternatif arasındaki fark,  $D(Q)$  değerinden büyük eşit olduğu için C1 kabul

edilmektedir. C2’ye göre 400T Victory Engel alternatifi  $S$  ve  $R$  değerlerinin en az birinde de en iyi değeri ifade ettiği için C2 de kabul edilmiştir. Böylece AHP-VIKOR analizi ile elde edilen sonuçlara göre  $q=0.00$ ,  $q=0.25$  ve  $q=0.50$  değeri için en iyi alternatifin 400T Victory Engel olduğu görülmüştür. CRITIC-VIKOR yönteminde de benzer analizlerle  $q=0.25$ ,  $q=0.50$  ve  $q=0.75$  değeri için en iyi alternatifin yine 400T Victory Engel olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, sözü edilen alternatifi satın alınmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada gerçek bir problem ele alınarak kullanılan kriter, alternatif ve yöntemlerle literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır. Çalışma, ileride farklı yöntemler, kriter ya da alternatifler kullanılarak tekrarlanabilir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Akpınar, M. E. (2021). Third-Party Logistics (3PL) Provider Selection Using Hybrid Model of SWARA and WASPAS. International Journal of Pure and Applied Sciences, 7(3), 371-382.
- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y. ve Türen, U., Sayısal Karar Verme Yöntemleri, İstanbul: Beta Yayıncılık, 2015.
- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. International journal of project management, 19(1), 19-27.
- Arı, E. ve Aydın, E. (2019). Çerkezköy organize sanayi bölgesinde bir tekstil işletmesinin en uygun kumaş seçimi probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile analizi. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7(6), 193-201.
- Arslan, M. C., ve Budak, E. (2004). A decision support system for machine tool selection. Journal of Manufacturing Technology Management, 15(1), 101-109.
- Ayağ, Z., ve Özdemir, R. G. (2006). A fuzzy AHP approach to evaluating machine tool alternatives. Journal of intelligent manufacturing, 17(2), 179-190.
- Dagdeviren, M. (2008). Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and Promethee, Journal of Intelligence Manufacturing, (19), 397-406.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1117838

- Demircioğlu, M. Coşkun, İ.T. (2018). CRITIC-MOOSRA Yöntemi ve Ups Seçimi Üzerine Bir Uygulama, Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 27(1), 183-195.
- Faydalı, R., ve Erkan, E. F. (2020). Makine seçim probleminin bulanık vikor yöntemiyle incelenmesi, Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 7-12.
- Gök Kısa C., ve Perçin, S. (2017). Bütünleşik Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması. Journal of Yaşar University, 12(48), 249-256.
- Güldaş, A. (2004). Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Ergimiş Plastik Akışının Matematiksel Modellenmesi Ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kabadayı, N., ve Dağ, S. (2017). Bulanık Dematel ve Bulanık Promethee yöntemleri ile kablo üretiminde makine seçimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi, 7(14), 239-260.
- Kabak, M., ve Dağdeviren, M. (2017). A Hybrid approach based on ANP and grey relational analysis for machine selection. Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 24, 109-118.
- Karim, R., ve Karmaker, C. L. (2016). Machine selection by AHP and TOPSIS methods, American Journal of Industrial Engineering, 1(4), 7-13.
- Kurt, B. (2012). Lastik Ürün İmalatı Yapan Kobi'lerde İşg Uygulamaları ve Plastik Enjeksiyon Makinelerinde Oluşan Tehlikelerin Tanımlanması ve Önlenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). Plastik Teknolojisi, Enjeksiyon İle Üretimde Kalıp Ayarları, Ankara.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H., (2004), "Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS", European Journal of Operational Research, 156, 445-455.
- Olabanji, O. M., ve Mpofo, K. (2021). Appraisal of conceptual designs: Coalescing fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP) and fuzzy grey relational analysis (F-GRA). Results in Engineering, 9, 100194.
- Önüt, S., Kara, S. S., ve Efendigil, T. (2008). A hybrid fuzzy mcdm approach to machine tool selection, Journal Of Intelligent Manufacturing, 19(4), 443-453.
- Özbek, İ. (2013). Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçiminde Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özgen, A., Tuzkaya, G., Tuzkaya, U. R., ve Özgen, D. (2011). A multi-criteria decision making approach for machine tool selection problem in a fuzzy environment. International Journal of Computational Intelligence Systems, 4(4), 431-445.
- Saaty, T., L. (1972). An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Plannig Energy, Managment and Policy Center, Universty of Pennsylvania .
- Saaty, T. L. (1994). Homogeneity and clustering in AHP ensures the validity of the scale. European Journal of Operational Research, 72(3), 598-601.
- Samvedi, A., Jain, V., ve Chan, F. T. (2012). An integrated approach for machine tool selection using fuzzy Analytical Hierarchy Process and Grey Relational Analysis, International Journal of Production Research, 50(12), 3211-3221.
- Şahin, M. (2020). Hybrid Multiattribute Decision Method for Material Selection. International Journal of Pure and Applied Sciences, 6(2), 107-117.
- Ulutaş, A. ve Cengiz, E. (2018). CRITIC ve EVAMIX yöntemleri ile bir işletme için dizüstü bilgisayar seçimi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11 (55), 881- 887.
- Vatansever, K. ve Kazançoğlu Y. (2014). Integrated usage of fuzzy multi criteria decision making techniques for machine selection problems and an application, International Journal of Business and Social Science, 5(9), 12-24.
- Vujicic, M.D. Papić, M.Z. ve Blagojevic, M.D. (2017). Comparative analysis of objective techniques for criteria weighing in two mcdm methods on example of an air conditioner selection, Tehnika – Menadzment, 67(3), 422-429.
- Wu, Z., Ahmad, J., ve Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy vikor approach for machine tool selection with linguistic information, Applied Soft Computing, 42, 314-324.
- Yazıcı, E., Eren, T. ve Alakaş, H. M. (2021). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile işleme merkezi seçimi: imalat işletmesinde uygulama. Endüstri Mühendisliği, 32(1), 34-54.

## Determination of Parton Distribution Functions with Jets at Forward Rapidity Region Using xFitter Analysis Framework

Remzi Karaca, Salim Cerci\*, Deniz Sunar Cerci

Adıyaman University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, Adıyaman, Türkiye

entropi44@hotmail.com<sup>ORCID</sup>, \*scerci@adiyaman.edu.tr<sup>ORCID</sup>, dsunar@adiyaman.edu.tr<sup>ORCID</sup>

Received date:23.07.2022 Accepted date:03.11.2022

### Abstract

Parton distribution functions (PDF), which have to be determined from the measurements, are one of the main components to define the physics that occurs at the hadron colliders. In this study, a quantum chromodynamics (QCD) analysis was performed at the next-to-leading order (NLO) in the xFitter framework which is an open source QCD fit platform. Along with the HERA1+2 DIS and the jet differential cross-section data measured in the forward rapidity region ( $3.2 < |y| < 4.7$ ) of the CMS detector in the LHC in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV were used in xFitter analysis framework. Particularly gluon distribution functions were emphasized.

**Keywords:** Jets, PDF, xFitter, gluon

## xFitter Analiz Çerçevesi Kullanılarak İleri Rapidite Bölgesinde Jetler ile Parton Dağılım Fonksiyonlarının Belirlenmesi

### Öz

Ölçümlerden belirlenmesi gereken parton dağılım fonksiyonları (PDF), hadron çarpıştırıcılarında meydana gelen fiziki tanımlayan ana bileşenlerden biridir. Bu çalışmada, açık kaynak kodlu bir kuantum renk dinamiği (QCD) fit platformu olan xFitter çerçevesinde ikincil mertebeden (NLO) bir QCD analizi yapılmıştır. HERA1+2 DIS ile birlikte  $\sqrt{s} = 8$  TeV'de proton-proton çarpışmalarında LHC'deki CMS dedektörünün ileri rapidite bölgesinde ( $3.2 < |y| < 4.7$ ) ölçülen jetlerin diferansiyel tesit kesit verileri xFitter analiz çerçevesinde kullanılmıştır. Özellikle gluon dağılım fonksiyonları üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Jetler, PDF, xFitter, gluon

### INTRODUCTION

The jets, collimated spray of particles produced in the forward rapidity region of the CMS detector at the LHC provide important information about the inner world of the protons structures, i.e. partons. Such information may help to reduce the uncertainties on the density of gluons in protons. The structure function variable of the proton, bjorken- $x$ , is the ratio of the parton momentum to the hadron momentum and can be expressed as  $x = p_{parton} / p_{hadron}$ . Quantum Chromodynamics (QCD) describes the interaction between quarks mediated by eight gluon fields. Quarks and gluons have a new degree of freedom called color, which obeys the Pauli exclusion principle (Han and Nambu, 1965). Quantitative estimates describing the rates (cross sections) of strong interactions can be obtained using lattice gauge

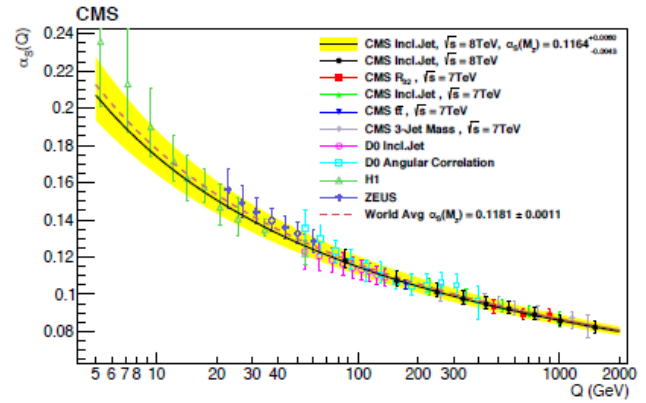
theory (Wilson, 1974) or perturbative QCD (pQCD). The pQCD can be used in the asymptotically free system, which is characterized by small distances and high energies where quarks and gluons are weakly bonded. This phenomenon is called asymptotic freedom and is a result of the nature of the strong nuclear force. The force between quarks and gluons increases with distance. We can imagine this freedom as the "leakage" of the color charge of virtual gluons into the surrounding space (Stirling et al., 2003). However, low-energy quarks sense a very high color space, and it becomes energetically favorable for a new quark-antiquark pair to arise and form colorless hadrons. As a result, quarks and gluons are bound or confined to color neutral hadrons. The strong coupling constant  $\alpha_s$  is a key parameter of QCD.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1146790

Therefore, its value is often determined from experimental measurements. A suitable reference scale large enough to allow a perturbative approximation is the Z-boson mass  $M_Z$ . The world average value of strong coupling measured on the Z-boson mass scale is  $\alpha_s(M_Z) = 0.1181 \pm 0.0011$  (Particle Data Group, 2016). This value was determined from various measurements such as hadronic  $\tau$ -decays, pQCD calculations,  $e^+e^-$  processes, Deep Inelastic Scattering (DIS) and LHC data (Tanabashi et al., 2018). Figure 1 shows the  $\alpha_s$  values determined using data from different experiments. Jet production in the CMS experiment at the LHC provides important information for the determination and investigation of varying  $\alpha_s$  (running coupling constant) values.

### MATERIAL AND METHODS

To determine how the partons are connected to one another and the internal property of the proton, it is necessary to understand the proton structure very well. The structure of the proton is characterized by the parton distribution functions (PDFs) which represent the probability density of finding a parton that carries as much as  $x$  of the proton's momentum. Even though the scale of PDFs is estimated by pQCD, the dependency on  $x$  should be determined by experimental results. PDFs are extracted by various groups such as ABMP (Alekhin et al., 2016), NNPDF (Ball et al., 2017), MMHT (Luthe et al., 2017), HERAPDF (Abramowicz and et al., 2015) and CT (Dulat et al., 2016) making universal adaptations to a wide range of measurements from different experiments.



**Figure 1.** The variation of  $\alpha_s(Q)$  as a function of the  $Q$  scale is shown, along with determinations from different experiments and observables. The black dots in the figure are determined from the CMS experiment using inclusive jet measurement at  $\sqrt{s} = 8$  TeV (Khachatryan et al., 2017).

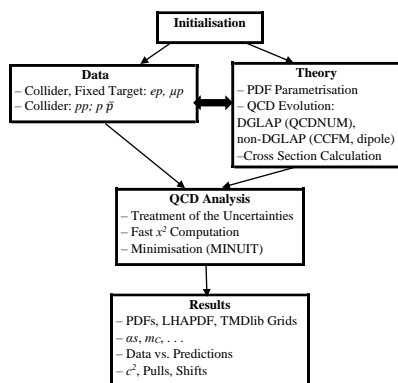
### 2.1. Jet Production

As a result of the confinement property of QCD, single quarks and gluons cannot be observed as free particles. Instead, partons produced in high-energy collisions emit other partons that cause hadron showers called “jets”. The properties of the first parton are closely related to the properties of an emerging jet. Thus, jets provide the link between the observed final state hadrons and the essential information on PDFs and QCD parameters.

### 2.2. xFitter QCD Analysis Package

The rapid flow of data from LHC experiments and corresponding theoretical developments provide predictions for increasingly complex processes of higher orders. The improvements in the amount of data and in theory calculations motivated the development of a tool to bring them together in a fast, efficient, and open source framework called xFitter (formerly HERAFitter) (Alekhin et al., 2015, Bertone et al., 2017) which includes a set of tools to facilitate complete QCD analysis of  $pp$ ,  $p\bar{p}$  and  $ep$  scattering data. It is developed to extract fundamental parameters of QCD and heavy quark masses and strong coupling constant for the determination of PDFs. It also provides a common framework for comparing different theoretical approaches. It can also be used to test the effect of new experimental data on PDFs in Standard Model (SM) parameters. The structure and functionality of xFitter can be

divided into four main blocks: data, theory, QCD analysis, and results, as illustrated in Figure 2.



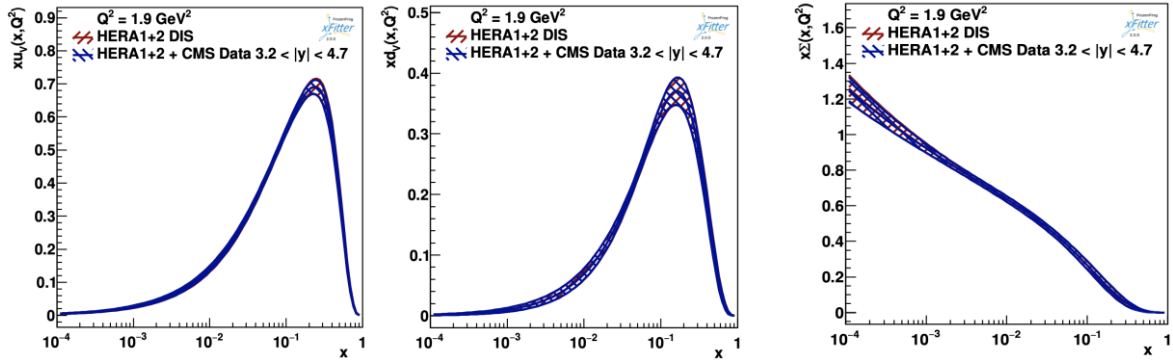
**Figure 2.** An illustration of xFitter’s structure and functionality with four main blocks data, theory, QCD analysis, and results.

**RESULTS AND DISCUSSION**

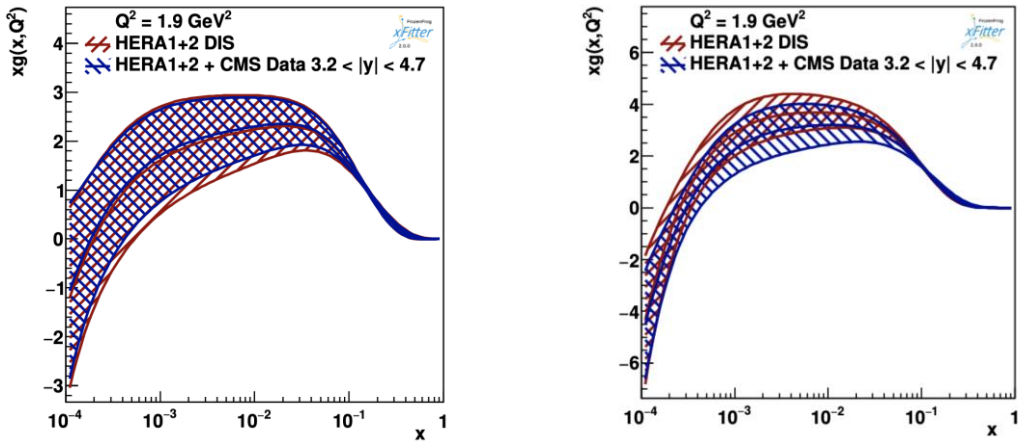
Proton PDFs are parameterized with a large number of parameters depending on the analysis performed. Parameterization becomes difficult, since PDFs cannot yet be calculated directly and must be determined from experimental data. PDF constraint requires a large amount of experimental data covering a wide range of kinematics sensitive to different kinds of partons inside the proton. PDFs are fundamental components that allow us to make theoretical predictions for experimental measurements of protons and hadrons. xFitter is an open source QCD analysis platform for determining PDFs and related key parameters of SM by fitting them to experimental data. The comparison of the theory with the CMS

forward rapidity jet data obtained at  $\sqrt{s} = 8$  TeV corresponding to  $5.6 \text{ pb}^{-1}$  integrated luminosity using the xFitter analysis framework. The distributions of valence up ( $u_V$ ) and down ( $d_V$ ) quarks and total sea ( $\Sigma$ : quark-antiquark pairs) quark at the initial energy scale  $Q^2 = 1.9 \text{ GeV}^2$  are shown in Figure 3. PDFs obtained with HERA1+2 DIS and CMS forward region inclusive jet data are represented by a blue band, and those obtained without CMS jet data are represented by a red band.

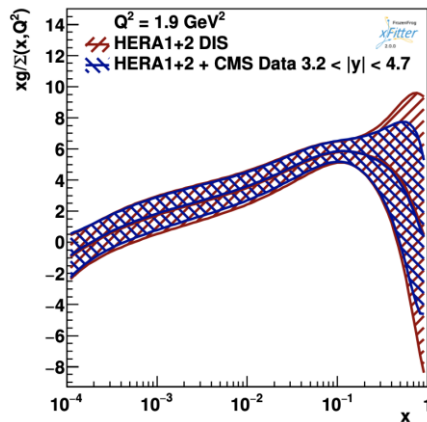
A QCD analysis was performed by adding the forward region CMS inclusive jet data at  $\sqrt{s} = 8$  TeV to the HERA1+2 DIS data. As a result of the present analysis, it is clearly seen that the addition of forward region jet data does not differ from the distributions of the up ( $u_V$ ), down ( $d_V$ ) quark and total sea distributions obtained only from the HERA1+2 DIS data. However, when we look at the gluon distributions obtained at two different values of  $\alpha_s = 0.118$  (left graph) and  $\alpha_s = 0.121$  (right graph) at  $Q^2 = 1.9 \text{ GeV}^2$  in Figure 4, a decrease in uncertainty of gluon PDF is observed. In the case of  $\alpha_s = 0.118$ , a slight improvement is obtained on the gluon PDF uncertainty whereas only a shift in the uncertainty band for  $\alpha_s = 0.121$ . The gluon PDF is also sensitive to the chosen  $\alpha_s$  value. The ratio of gluon to the total sea quark distribution is shown in Figure 5. A decrease in the uncertainty band is observed when the CMS forward region inclusive jet data is used together with the HERA1+2 DIS data, particularly in regions where  $x$  is close to the value of 1.



**Figure 3.** Distributions of valence up ( $u_v$ ), down ( $d_v$ ) quarks, and total sea ( $\Sigma$ ) quark as functions of  $x$  at the starting scale  $Q^2 = 1.9 \text{ GeV}^2$ . PDFs obtained with HERA1+2 DIS and CMS forward region inclusive jet data are represented by blue band, and those obtained without CMS jet data are represented by a red band.



**Figure 4.** Gluon distributions obtained at two different values of  $\alpha_s = 0.118$  (left) and  $\alpha_s = 0.121$  (right) at  $Q^2 = 1.9 \text{ GeV}^2$ . PDFs obtained with HERA1+2 DIS and CMS forward region inclusive jet data are represented by a blue band, and those obtained without CMS jet data are represented by a red band.



**Figure 5.** Distribution of the ratio of gluon to total sea quark at  $Q^2 = 1.9 \text{ GeV}^2$ .

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1146790

## CONCLUSION

Jet-related data, such as differential jet cross-section measurements, allow calculation of PDFs and strong coupling constant if supported by theory calculations with sufficient precision. Based on the results obtained from the present study, it is recommended to use jet production cross-section data obtained at the forward region of the CMS experiment.

As a result of this analysis, it is seen that the addition of forward region jet data does not differ from the distributions of the up ( $u_v$ ), down ( $d_v$ ) quark and total sea distributions obtained only from the HERA1+2 DIS data. However, the gluon distributions obtained at two different values of strong coupling constant  $\alpha_s$  showed a decrease in uncertainty of gluon PDF. This clearly indicates that the gluon PDF is also sensitive to the value of chosen strong coupling constant  $\alpha_s$ . A decrease on the ratio of gluon distribution to the total sea is observed when CMS forward region inclusive jet data is used together with HERA1+2 data, especially in regions where  $x$  is close to the value of 1.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors report no conflict of interest relevant to this article

## RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

## REFERENCES

- Abramowicz, H. et al. (2015). Combination of measurements of inclusive deep inelastic  $e^+p$  scattering cross sections and QCD analysis of HERA data. *The European Physical Journal*, 75, 580.
- Alekhin, S. et al. (2015). HERA-Fitter. *The European Physical Journal C*, 75, 304.
- Alekhin, S., Blümlein, J., Moch, S.O. and Placakyte, R. (2016). The new ABMP16 PDF. arXiv:1609.03327v1 [hep-ph].
- Ball, R.D., Bertone, V., Carrazza, S., Debbio, L.D., Forte, S. and et al. (2017). Parton distributions from high-precision collider data. *The European Physical Journal*, 77, 663-738.
- Bertone, V. et al. (2017). xFitter 2.0.0: An Open Source QCD Fit Framework. XXV International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects, Birmingham, 1-5.

- Dulat, S., Hou, T.J., Gao, J., Guzzi, M., Huston, J., Nadolsky, P., Pumplin, J., Schmidt, C., Stump, D. and Yuan, C.-P. (2016). New parton distribution functions from a global analysis of quantum chromodynamics. *Physical Review Letters*, 93, 033006.
- Han, M.Y. and Nambu, Y. (1965). Three-triplet model with double SU (3) symmetry. *Physical Review B*, 139, 1006–1010.
- Khachatryan, V. et al. (2017). Measurement and QCD analysis of double-differential inclusive jet cross sections in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV and cross section ratios to 2.76 and 7 TeV. *Journal of High Energy Physics*, 3, 156.
- Luthe, T., Maier, A., Marquard, P. and Schröder, Y. (2017). The five-loop beta function for a general gauge group and anomalous dimensions beyond feynman gauge. *Journal of High Energy Physics*, 10, 166.
- Particle Data Group Collaboration (2016). “Review of Particle Physics”, *Chin. Phys. C*, 40, no. 10, 100001.
- Stirling, W.J., Ellis, R.K. and Webber, B.R. (2003). *QCD and collider physics*. Cambridge University Press.
- Tanabashi, M. et al. (Particle Data Group). (2018). Review of particle physics. *Physical Review D*, 98, 030001.
- Wilson, K.G. (1974). Confinement of quarks. *Physical Review D*, 10, 2445–2459.



## Production and Optimization of Exopolysaccharide from Thermophilic Bacteria

**Firdevs Rozan Tuşar, Kemal Güven, Fatma Matpan Bekler\*, Nazlı Polat**

Dicle University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Diyarbakır, Türkiye  
firdevsrozan@gmail.com<sup>ID</sup>, kemalg@dicle.edu.tr<sup>ID</sup>, \*fmatpan@dicle.edu.tr<sup>ID</sup>, nazliplt@gmail.com<sup>ID</sup>

Received date:08.07.2022, Accepted date: 13.11.2022

### Abstract

Exopolysaccharides (EPS) are the large molecular weight carbohydrate polymers extracted from higher plants, algae, fungi and bacteria. The thermophilic *Bacillus zhangzhounesis* 2CA and *Bacillus licheniformis* 2CS used in the present study were isolated from Çermik hot springs. The growth conditions of the strains designated as 2CA and 2CS in different basal media (M1, M2 and M3), different carbon sources and different concentrations of yeast extract (% w v<sup>-1</sup>: 0.05, 0.1, 0.15 and 0.2) and the amount of EPS produced were investigated. In addition, the phenol-sulfuric acid method and the Lowry method were used to determine the amount of carbohydrates and proteins within the EPS produced by the bacteria, respectively. The highest total EPS dry weight for *B. licheniformis* 2CS was obtained as 121 mg in M3 medium (0.2% yeast extract + 1% sucrose), carbohydrate content in EPS was 333.28 µg mL<sup>-1</sup> and protein content was 0.19 µg mL<sup>-1</sup>. When these two bacteria were compared in terms of the amount of carbohydrates in the EPS produced, the highest amount of carbohydrates was found in EPS of *B. zhangzhounesis* 2CA (1087.03 µg mL<sup>-1</sup>). The antibacterial effects of EPS were investigated against pathogenic microorganisms (*E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae* and *P. aeruginosa*). It was determined that the highest antibacterial activity against *E. coli* (with 16 mm zone diameter) was obtained with EPS produced by *B. licheniformis* 2CS bacteria in M3 medium (0.2% yeast extract + 1% sucrose).

**Keywords:** Antibacterial effect, exopolysaccharide production, thermophilic bacteria.

## Termofilik Bakterilerden Ekzopolisakkarit Üretimi ve Optimizasyonu

### Öz

Ekzopolisakkaritler (EPS), daha yüksek bitkilerden, alglerden, mantarlardan ve bakterilerden ekstrakte edilen büyük moleküler ağırlıklı karbonhidrat polimerleridir. Bu çalışmada kullanılan termofilik *Bacillus zhangzhounesis* 2CA ve *Bacillus licheniformis* 2CS, Çermik kaplıcalarından izole edilmiştir. Farklı bazal besiyerlerinde (M1, M2 ve M3), farklı karbon kaynaklarında (glikoz ve sükröz) ve farklı konsantrasyonlarda maya özütü (%w v<sup>-1</sup>: 0.05, 0.1, 0.15 ve 0.2) eklenen besiyerinde 2CA ve 2CS olarak isimlendirilen bakteri suşlarının çoğalma şartları ve üretilen EPS miktarı araştırılmıştır. Ayrıca, fenol-sülfürik asit yöntemi ve Lowry yöntemi, bakterilerin ürettiği EPS'deki karbonhidrat miktarını ve protein miktarını belirlemek için sırasıyla kullanıldı. *B. licheniformis* 2CS için en iyi toplam EPS kuru ağırlığı, M3 ortamında (%0.2 maya özütü + %1 sükröz) 121 mg, EPS'deki karbonhidrat miktarı 333.28 µg mL<sup>-1</sup>, protein miktarı ise 0.19 µg mL<sup>-1</sup> olarak elde edildi. Bu iki bakteri üretilen EPS'deki karbonhidrat miktarı bakımından karşılaştırıldığında, en yüksek karbonhidrat miktarının *B. zhangzhounesis* 2CA'daki EPS'de olduğu tespit edildi (1087.03 µg mL<sup>-1</sup>). Test edilen mikroorganizmaların ürettiği EPS'nin patojenik mikroorganizmalara (*E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa*) karşı antibakteriyel aktiviteleri araştırıldı. En iyi antibakteriyel etkinin, M3 ortamında (%0.2 maya özütü + %1 sükröz) *B. licheniformis* 2CS bakterisinin ürettiği EPS ile *E. coli*'ye karşı (16 mm zon çapı ile) olduğu belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Antibakteriyel etki, ekzopolisakkarit üretimi, termofilik bakteriler

## INTRODUCTION

Bacterial exopolysaccharides (EPS) are macromolecular structures that can be found in the capsule structure tightly attached to the cell surface or in the mucous (slime) structure attached to the cell surface by loose attachment (Farang et al., 2020).

In addition, exopolysaccharides are also produced by plants, algae, yeast and fungi. EPS production by bacteria can take days, while three to six months are needed to be produced by plants. EPSs are branched and consist of repeating sugar units and non-carbohydrate components. Exopolysaccharides obtained as a result of polymerization of sugar units with similar or different structures are organic macromolecules. These sugar units can be glucose, galactose, rhamnose, fructose, mannose as well as some sugar derivatives such as N-acetylgalactosamine and N-acetylglucosamine. EPSs can contain proteins, DNA, phospholipids and non-carbohydrate structures such as pyruvate, sulphate, and phosphate also (Moretto et al., 2015; Saadat et al., 2019; Sethi et al., 2019; Angelin and Kavitha, 2020; Farang et al., 2020).

The identification of EPSs is carried out by analysing their carbohydrate content. If EPSs consist of a single type of monomeric structure, they are called homopolysaccharides. On the other hand, EPSs formed by the combination of two or more different monomers are called as heteropolysaccharides.

While most homopolysaccharides are neutral glucans, most heteropolysaccharides are polyanionic due to the uronic acid in their structure. Homopolysaccharides can be classified as  $\alpha$ -D glucans and  $\beta$ -D glucans based on the bond structure and the position of the carbon (Llamas et al., 2012; Zannini et al., 2016).

EPSs protect bacteria from extreme conditions such as stress, temperature, light, pH, osmotic. If there is a lack of nutrients in the environment, EPS produced by microorganisms ensures the survival of the organism. It has been determined that some EPSs can have a virulence effect in different infectious diseases as well as have positive effects on human health (Llamas et al., 2012; Hidalgo-Cantabrana et al., 2014; Caggianiello et al., 2016).

There have been several studies on EPS production using bacterial strains such as; *B. subtilis* (Razack et al. 2013), *B. velezensis* (Moghannem et al. 2018), *B. altitudinis* (Mohamed et al. 2018), *B.*

*licheniformis* (Angel et al. 2018), *Geobacillus* (Wang et al. 2019) and *B. zhangzhounesis* (Miri et al. 2021).

Bacterial EPSs are also used in the food industries. Dextran, a type of EPS produced by bacteria, was the first commercially used bacterial exopolysaccharide. Fungal EPSs have antioxidant, antitumor and antibacterial effects. Microalgal EPSs can be found in a heteropolysaccharide structure consisting of a homopolymer of glucose or galactose or a combination of monomers of several different sugars (Freitas et al., 2017).

There are different ways to quantify EPSs obtained by microorganisms, these may be the measurement of dry mass of the polymer by lyophilized, Ludwig's anthron sulfuric acid method. In addition, carbohydrate determination of EPS can be made with the phenol-sulfuric acid method (Leroy and De Vuyst, 2016).

It is aimed to determine the presence of EPS in different media by using thermophilic and mesophilic bacteria and optimize the EPS production.

## MATERIAL AND METHODS

### Bacterial strains

In the study, thermophilic bacteria *Bacillus zhangzhounesis* 2CA (GenBank accession code: MT350124), *Bacillus licheniformis* 2CS (GenBank accession code: MT350130) isolated and identified from the Cermik hot water spring in Diyarbakır province (Matpan Bekler et al., 2020). Pathogenic microorganisms (*Escherichia coli* ATTC 25922, *Staphylococcus aureus* ATTC 25923, *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*) were obtained from the Medical Microbiology laboratory of Dicle University Research Hospital for antibacterial test.

### Bacteria production

The thermophilic *B. zhangzhounesis* 2CA and *B. licheniformis* 2CS Bacteria were cultivated in using Nutrient Broth (NB) liquid media in a shaker (120 rpm) for *B. zhangzhounesis* 2CA and *B. licheniformis* 2CS at 50 °C overnight (18-24 h), while pathogenic microorganisms were grown at 35 °C overnight (18-24 h).

### Production of EPS using different basal media

Different basal media containing minimal amounts of chemicals were used to investigate EPS production. The basal media used were basal M1 medium (yeast extract 5 g L<sup>-1</sup>, dipotassium hydrogen

phosphate 1.5 g L<sup>-1</sup> and magnesium sulphate heptahydrate 1 g L<sup>-1</sup>) described by Ergene and Avcı (2018), basal M2 medium (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 8 g L<sup>-1</sup>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2 g L<sup>-1</sup>, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0.5 g L<sup>-1</sup>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.SO<sub>4</sub> 5 g L<sup>-1</sup> and traces of yeast extract) described by Berekaa and Ezzeldin (2018) and finally basal M3 medium (CaCl<sub>2</sub> 0.05 g L<sup>-1</sup>, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0.05 g L<sup>-1</sup>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 g L<sup>-1</sup>, NaCl 2 g L<sup>-1</sup>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.SO<sub>4</sub> 2 g L<sup>-1</sup> with different concentrations of yeast extract) modified from Matpan Bekler et al. (2019). Bacteria were cultivated on the prepared media under optimum conditions. Its absorbance was adjusted at to a 0.5 McFarland turbidity standard (5 × 10<sup>5</sup> CFU mL<sup>-1</sup>) using spectrophotometer. Bacteria were grown overnight and then optical density was measured by spectrophotometer (600 nm).

#### **Production of EPS using different yeast extract concentrations**

Basal M3 medium that showed the least growth for the control was selected and yeast extract was added to this medium at different concentrations (0.15% and 0.2%). Finally, the calculated amounts of yeast extract were added into the media and bacteria were grown under optimum conditions (pH 8.0 and 50 °C for the strain 2CA, pH 7.0 and 55 °C for the strain 2CS). The bacterial growth was measured by using a spectrophotometer at OD600.

#### **Production of EPS using different carbon sources**

In order to examine the effect of different carbon sources (glucose and sucrose) at 1% on bacterial EPS production, the basal medium was firstly autoclaved. Then carbon sources were dissolved in distilled water, passed through a sterile syringe filter (0.2 µm) and finally added to the autoclaved medium before bacterial cultivation.

#### **Determination of EPS production by thermophilic bacteria on petri dishes**

To detect EPS production from bacterial colonies on petri dishes, 10-fold diluted NB medium and basal M3 media containing 0.1% and 0.2% yeast concentrations were prepared. 1.5% agar was also added to the media for solid medium. Sucrose was added to the autoclaved media at a concentration of 1%. Discs were placed on solid media. *B. zhangzhounesis* 2CA and *B. licheniformis* 2CS strains grown overnight, in the NB medium were removed and washed twice. Different amount (20, 40 and 60 µL) of washed bacteria were taken and transferred onto the discs. Growth and EPS production conditions were observed in the media kept in

incubator at 50 °C for 24 hours. It was observed whether slime structure was formed in petri dishes.

#### **Isolation and extraction of EPS**

The cultures were transferred into tubes and centrifuged at 9 000 rpm for 10 minutes. The supernatant part was taken and cold pure ethyl alcohol kept at 4 °C was added in the ratio of 1 (example): 2 (alcohol). The samples were kept at -18 °C for 1 day. The samples kept at -18 °C for one day were taken and centrifuged at 9000 rpm for 30 minutes. One to three mL of sterile hot distilled water was added to the pellet part and dissolved. Dissolved pellets were taken into dialysis tubes. Dialysis tubes were kept in distilled water in a shaking environment and distilled water was changed constantly for 48 hours. Dialyzed samples were taken into clean eppendorfs and dried in an incubator at 60 °C for 48 hours. The dried samples were used for the determination of protein and carbohydrate amount.

#### **Determination of carbohydrates and protein amount in EPS**

To determine the total amount of carbohydrates, phenol sulfuric acid method (Dubois et al. 1956) was applied. A stock glucose solution was prepared with a density of 1 mg mL<sup>-1</sup> to create the standart curve . To calculate the EPS amount, 2-300 µg mL<sup>-1</sup> glucose samples were prepared. Dried EPS samples were dissolved with 500 µL of distilled water. Samples were analysed using a spectrophotometer at a wavelength of 490 nm.

For protein quantification, Lowry method (Lowry et al. 1951) was used. The standard concentration (10 mg 1 mL<sup>-1</sup> BSA) was prepared to generate the standard curve. Dried samples were dissolved in distilled water. 2 mL alkaline solution was added into glass tubes and mixed. It was kept in an incubator at 40 °C for 15 min. 500 µL of Folin–Ciocalteu reagent (FCR) diluted 1:1 was added to the samples . Samples were then analysed by using a spectrophotometer at a wavelength of 660 nm.

#### **Determination of the antibacterial effect of EPS**

Four pathogenic bacteria namely *E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae* and *P. aeruginosa* kept in the stock were taken and cultivated into NB liquid medium at 35 °C overnight (18-24 h) in a shaker. Bacteria was added to the media poured into Petri dishes and spreading was carried out with the help of a glass baguette. Blank discs were then placed on the medium. 10 µL of EPS samples was added onto these discs. The incubation was performed using an

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1142315

incubator at 35 °C. The zone diameters were measured one day later. Gentamicin (10 µg) was used as a reference antibiotic.

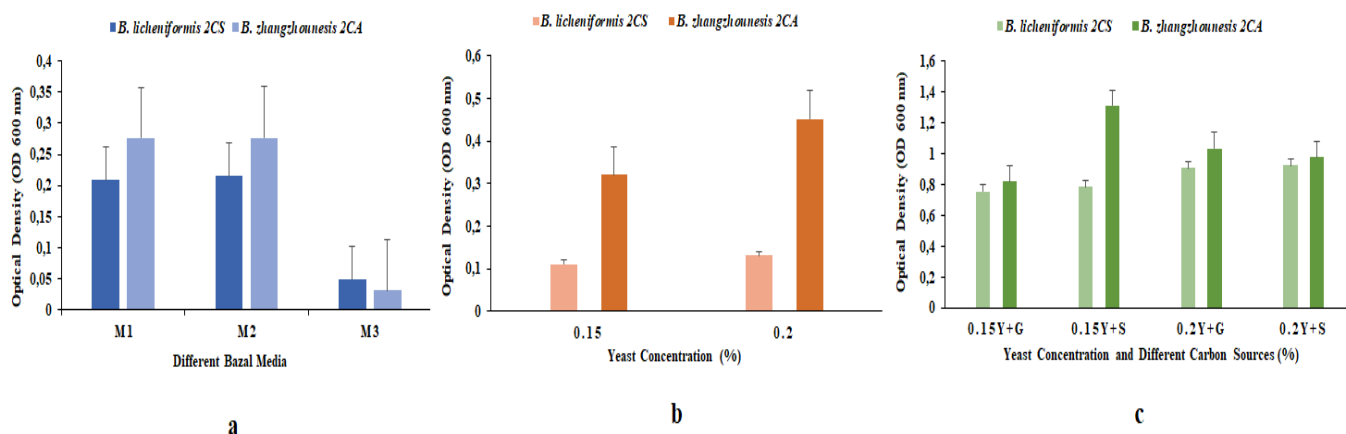
## RESULTS AND DISCUSSION

### Growth of thermophilic bacteria on different media

Thermophilic *B.zhangzhounesis* 2CA and *B.licheniformis* 2CS were cultivated on three different media. The absorbance of the grown cultures was measured at 600 nm wavelength in a spectrophotometer. Figure 1a clearly shows that M3 medium with the absence of yeast extract gives a better results in terms of lower growth compared to other two media. Berekaa (2014) used bacteria that are phylogenetically close to *B.licheniformis* and showed that there was an increase in EPS production by 1.9-2.8 times in the basal salt medium containing glucose or sucrose. Wang et al. (2019) used glucose as an energy source and found that *Geobacillus* WSUCF1 strain produced statistically higher EPS

### Effect of yeast extract concentrations on EPS yield

Different concentrations of yeast extract (between 0.05-0.2%) were added to selected basal M3 medium. The highest growth was obtained for *B.zhangzhounesis* 2CA bacteria grown in the medium containing 0.2% yeast (Figure 1b). The growth increase was not observed in M3 medium containing 0.05% and 0.1% yeast extract for both thermophilic bacteria. Moghannem et al. (2018) evaluated several factors to explain the optimal growth medium composition for maximum EPS production with *B.velezensis* KY498625 strain. Different carbon and nitrogen sources were used, the result obtained from this experiment indicated that the best carbon source was molasses at 4% w v<sup>-1</sup> with EPS production of 4.2 g L<sup>-1</sup>, while the lowest EPS production (1.88 g L<sup>-1</sup>) was with starch (4% w v<sup>-1</sup>). The best nitrogen source 4.4 g L<sup>-1</sup> was yeast extract at concentration 3 g L<sup>-1</sup>.



**Figure 1.** Growth graphs of *B.licheniformis* 2CS and *B.zhangzhounesis* 2CA a) on different basal media, b) yeast concentration c) yeast concentration and different carbon sources. Experiments were performed in three repetitions. The bars show the standard deviation.

### Effect of different carbon sources on EPS yield

Sucrose and glucose (1% w/v) were added into M3 medium as carbon source separately. Figure 1c shows that the best growth results were obtained from the basal medium M3 containing 0.2% yeast and 1% sucrose for *B.licheniformis* 2CS and 0.15% yeast and 1% sucrose for *B.zhangzhounesis* 2CA. Razack et al. (2013) tried to optimize a medium for the production of enhanced EPS from the soil isolate, *B. subtilis*, using the one factor at a time method. The highest yield was obtained with 2% of sugarcane molasses

(4.86 g EPS L<sup>-1</sup>), compared to the sucrose medium (2.98 g EPS L<sup>-1</sup>). Angel et al. (2018) determined the optimum carbon source by examining the effect of different carbohydrates such as 12% glucose, sucrose, lactose, maltose, xylose and fructose on EPS production of *B.licheniformis* WSF-1 strain. They found that the highest carbon source was sucrose with 25% concentration and produced 2.9 g mL<sup>-1</sup> exopolysaccharide.

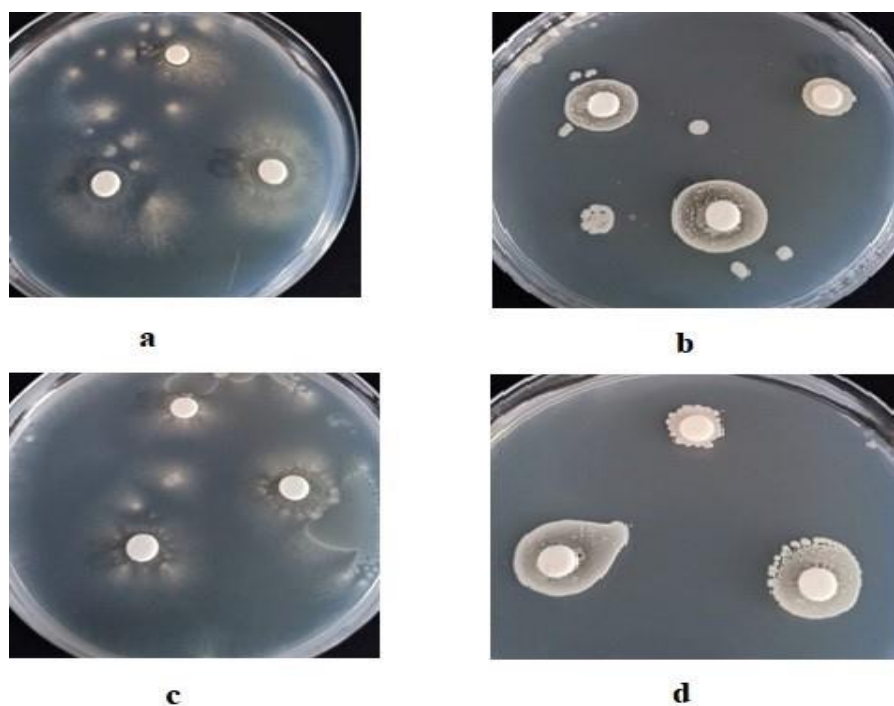
### Determination of EPS production of thermophilic bacteria on petri dishes

As can be seen in Figure 2, two bacterial strains tested grow by forming a slime layer in sucrose-containing medium. This slime formation clearly shows that bacterial strains produce EPS. Paulo et al. (2012) also investigated the presence of EPS in lactic acid bacteria using discs in solid media. They investigated the EPS production by these bacteria under different conditions, different carbon sources, pH and varying temperatures, detecting the mucoid colonies on the discs.

### Quantification of total EPS in thermophilic bacteria

For *B. licheniformis* 2CS and *B. zhangzhounesis* 2CA thermophilic bacteria, sucrose and glucose sugars were used for total EPS production in M3 medium.

Table 1 and Table 2 show EPS production by *B. licheniformis* 2CS and *B. zhangzhounesis* 2CA in 100 mL basal medium M3 containing two different yeast concentrations (0.15 and 0.2%) plus 1% carbon sources (glucose and sucrose). The best EPS production was observed in *B. licheniformis* 2CS as 121 mg mL<sup>-1</sup> in the medium containing 0.2% yeast and 1% sucrose (Table 1), while the *B. zhangzhounesis* 2CA produced highest amount of 45 mg mL<sup>-1</sup> EPS with 0.15% yeast and 1% sucrose (Table 2). Berekaa (2014) reported the amount of EPS produced by *B. licheniformis* QS5 in the presence of sucrose as 3.78 g mL<sup>-1</sup>. Moreover, Ergene and Avci (2018) tested various carbon sources of glucose, starch, lactose, whey, mannitol, sucrose, beet molasses for EPS production in *Bacillus* sp. ZBP4 strain and the best result producing total EPS was obtained using beet molasses as 1071 mg L<sup>-1</sup>.



**Figure 2.** Detection of EPS production in *B. zhangzhounesis* 2CA on basal medium supplemented with sucrose (a; 0.1% yeast extract, control; b; 0.1% yeast extract+ 1% sucrose), *B. licheniformis* 2CS in basal medium supplemented with sucrose (c; 0.1% yeast extract, control; d; 0.1% yeast extract+ 1% sucrose)

### Determination of carbohydrate and protein amount in total EPS

As shown in Table 1 and Table 2, while the best carbon content result was 333.28 µg mL<sup>-1</sup> for *B. licheniformis* 2CS, it was 1087.03 µg mL<sup>-1</sup> for

*B. zhangzhounesis* 2CA. Singh et al. (2011) found the amount of EPS produced by *B. licheniformis* as 576 mg L<sup>-1</sup>, the amount of carbohydrates as 343.14 mg L<sup>-1</sup>, and the amount of protein as 107.68 mg L<sup>-1</sup>. Angel et al. (2018) determined the total carbohydrate

amount as  $58 \pm 0.017$  mg mL<sup>-1</sup> and protein amount as  $12 \pm 0.021$  mg mL<sup>-1</sup> in EPS produced by *Bacillus licheniformis* WSF-1 strain.

As shown in Table 1 and Table 2, the highest protein amount was 1.29 µg mL<sup>-1</sup> for *B.licheniformis* 2CS, while 1.38 µg mL<sup>-1</sup> for *B.zhangzhounesis* 2CA.

**Table 1.** EPS dry weight, carbohydrate amount and protein amount of *B. licheniformis*

	EPS dry weight (mg 100 mL <sup>-1</sup> )				
	%0.15Y	%0.15Y+S	%0.15Y+G	%0.2Y	%0.2Y+S
<i>B. licheniformis</i> 2CS	4.5	10.5	7.1	3.3	121
	Amount of carbohydrate (µg mL <sup>-1</sup> )				
	133.74	272.46	216.56	54.63	333.28
	Amount of protein (µg mL <sup>-1</sup> )				
	0.25	0.52	1.29	0.03	0.19

**Table 2.** EPS dry weight, carbohydrate amount and protein amount of *B. zhangzhounesis*

	EPS dry weight (mg 100 mL <sup>-1</sup> )				
	%0.15Y	%0.15Y+S	%0.15Y+G	%0.2Y	%0.2Y+S
<i>B. zhangzhounesis</i> 2CA	6	45	7	5	30
	Amount of carbohydrate (µg mL <sup>-1</sup> )				
	135.45	985.57	403.39	628.48	1087.03
	Amount of protein (µg mL <sup>-1</sup> )				
	0.21	1.38	0.96	0.51	1.14

### Determination of antibacterial effects of EPSs

Table 3 shows that EPS obtained from *B. licheniformis* 2CS in the medium containing 0.15% yeast with the presence of glucose showed antibacterial effect against *E. coli* with a zone diameter of 12 mm. EPS obtained from *B. licheniformis* 2CS in the medium containing 0.2% yeast with the presence of sucrose showed antibacterial effect against *E. coli* with a zone diameter of 16 mm.

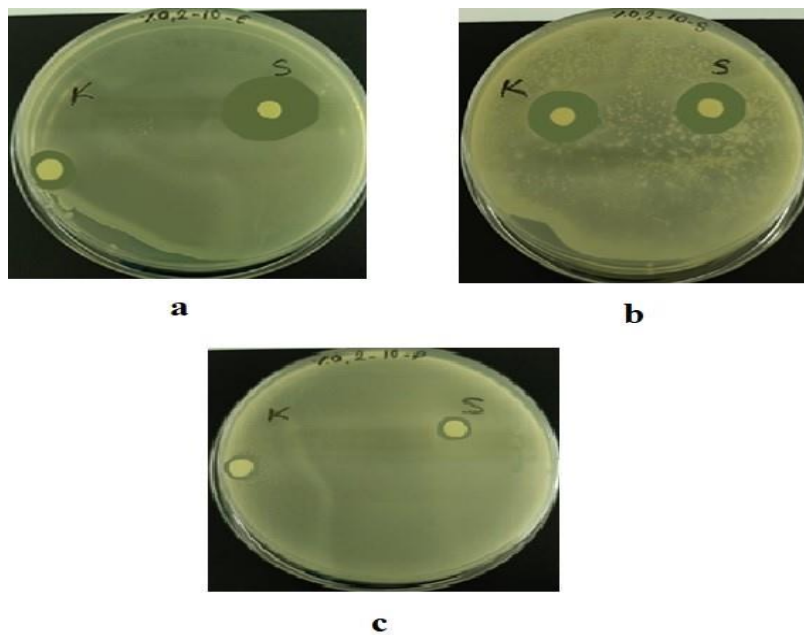
Moreover, EPS obtained from *B. zhangzhounesis* 2CA in the medium containing 0.15% yeast with both presence of sucrose and glucose showed antibacterial effect against *S. aureus* with a zone diameter of 12 mm, while it did not show any

antibacterial effect against *E. coli*, *K. pneumoniae* and *P. aeruginosa*. EPS obtained from *B. zhangzhounesis* 2CA in the medium containing 0.2% yeast with the presence of sucrose showed antibacterial effect against *E. coli* with a zone diameter of 10 mm. Mohamed et al. (2018) found that 75 µg disc<sup>-1</sup> concentration of EPS obtained from *B. altitudinis* MSH2014 formed a 12.2 mm zone against *S. aureus*, 12.9 mm against *E. coli* and 7.7 mm against *P. aeruginosa*, while 100 µg disc<sup>-1</sup> concentration formed 15.1 mm zone diameter against *S. aureus*, 17.7 mm against *E. coli*, 10.6 mm against *P. aeruginosa*.

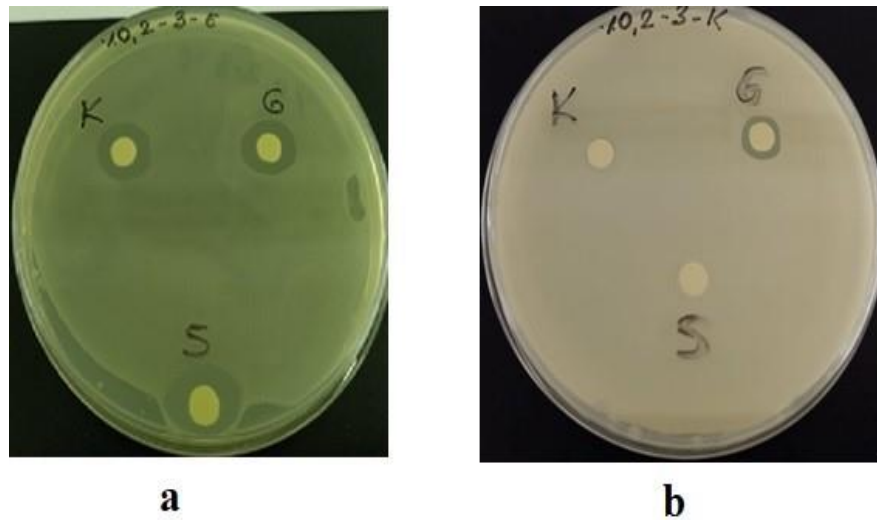
**Table 3.** Antibacterial effects of EPSs (mm: zone of inhibition)

Bacteria	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>
0.15% -Y <i>B. licheniformis</i> 2CS	C; 10	C; 10	ND	C; 8
	G; 12	G; -		G; 8
	S; -	S; -		S; 8
0.2%-Y <i>B. licheniformis</i> 2CS	C; 8	C; 12	ND	C; 6
	S; 16	S; 12		S; 6
0.15%- Y <i>B.zhangzhounesis</i> 2CA	ND	C; 10	ND	ND
		G; 12		
		S; 12		
0.2%- Y <i>B.zhangzhounesis</i> 2CA	C; 6	ND	C; -	ND
	G; 6		G; 6	
	S; 10		S; -	

EPS obtained from medium containing yeast extract was used as control. Obtained after adding the carbon source to the medium the antibacterial effects of EPS were investigated (C, control; G, glucose; S, sucrose; Y, yeast; ND, not determined)



**Figure 3.** EPS in *B. licheniformis* 2CS a) Antibacterial effect against *E. coli* b) Antibacterial effect against *S. aureus* c) Antibacterial effect against *P. aeruginosa*



**Figure 4.** EPS in *B. zhangzhouensis* 2CA a) Antibacterial effect against *E. coli* b) Antibacterial effect against *K. pneumoniae*

## CONCLUSION

EPSs produced by bacteria enable other bacteria to survive in various extreme environments. EPSs, which can take place in many different industrial areas, are also used commercially. The present study investigates EPS production in thermophilic bacteria. For this, different media, different yeast extract concentration and different carbon sources were used. The best EPS production was obtained from *B. licheniformis* 2CS strain in the presence of sucrose, which is the carbon source, and yeast extract, which is the nitrogen source. The best total EPS dry weight of 121 mg was obtained from *B. licheniformis* 2CS. Protein and carbon determination methods were applied for the EPS obtained. The carbohydrate amount in EPS obtained from *B. licheniformis* 2CS was found to be  $333.28 \mu\text{g mL}^{-1}$ , while the protein amount was found to be  $0.19 \mu\text{g mL}^{-1}$ . The use of EPSs in different fields makes them important for future studies.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

The study belongs to the master's thesis. FRT: Conceptualization, data curation, formal analysis, visualization and writing-original draft; KG: funding acquisition, project administration, resources, data curation, formal analysis, investigation, methodology, writing-review and editing. FMB: analysed the data, formal analysis,

article writing, NP: formal analysis All authors read and approved the final article.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors report no conflict of interest relevant to this article

## RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

## REFERENCES

- Angelin, J. and Kavitha, M. (2020). Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 853-865.
- Bekler, F. M., Yalaz, S., Güven, R. G. and Güven, K. (2019). Optimization of the thermostable alkaline and Ca-dependent  $\alpha$ -amylase production from *Bacillus paralicheniformis* by statistical modeling. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 84(10), 1093-1104.
- Berekaa, M. M. (2014). Improved exopolysaccharide production by *Bacillus licheniformis* strain-QS5 and application of statistical experimental design. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3, 876-886.
- Berekaa, M. M. and Ezzeldin, M. F. (2018). Exopolysaccharide from *Bacillus mojavensis* DAS10-1; production and characterization. *Journal of Pure and applied Microbiology*, 12(2), 633-640.



Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1142315

- Caggianiello, G., Kleerebezem, M. and Spano, G. (2016). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms. *Applied microbiology and biotechnology*, 100(9), 3877-3886.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- Ergene, E. and Ayşe, A. V. C. I. (2018). Effects of cultural conditions on exopolysaccharide production by *Bacillus* sp. ZBP4. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(3), 386-393.
- Farag, A., Gamil, W. and Essawy, E. exopolysaccharide production, extraction, and characterization from soil isolate *Bacillus* spp. *Egyptian Journal of Applied Science*, 35(11), 164-173.
- Farag, M. M., Moghannem, S. A., Shehabeldine, A. M. and Azab, M. S. (2020). Antitumor effect of exopolysaccharide produced by *Bacillus mycoides*. *Microbial Pathogenesis*, 140, 103947.
- Freitas, F., Torres, C. A. and Reis, M. A. (2017). Engineering aspects of microbial exopolysaccharide production. *Bioresource Technology*, 245, 1674-1683.
- Hidalgo-Cantabrana, C., Sánchez, B., Milani, C., Ventura, M., Margolles, A. and Ruas-Madiedo, P. (2014). Genomic overview and biological functions of exopolysaccharide biosynthesis in *Bifidobacterium* spp. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(1), 9-18.
- Jenny Angel, S., Vidyadharani, G., Santhosh, S. and Dhandapani, R. (2018). Optimization and characterisation of thermo stable exopolysaccharide produced from *Bacillus licheniformis* WSF-1 strain. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(9), 3824-3833.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. (2016). Advances in production and simplified methods for recovery and quantification of exopolysaccharides for applications in food and health. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 3229-3238.
- Llamas I, Amjres H, Mata JA, Quesada E, Béjar V. 2012. The potential biotechnological applications of the exopolysaccharide produced by the halophilic bacterium *Halomonas almeriensis*. *Molecules* 17(6), 7103-7120
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Bioclogical Chemistry*, 193, 265- 275
- Matpan Bekler F, Yalaz S, Güven K, Güven RG. 2020. Isolation and characterization of thermophilic bacteria from Hot spring in Çermik, Diyarbakır. 3. International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2020), 19 - 20 April 2020 Ankara, Turkey. (Sözlü Full-Text Bildiri) Proceeding Book pp:132-139
- Miri, M., Bergayou, H., Belmouden, A., Moukrim, A., Baazizi, H. and Boum'handi, N. (2021). Medium optimization for exopolysaccharides production by *Bacillus Zhangzhouensis* BZ 16 strain isolated from Khnifiss Lagoon. In E3S Web of Conferences (Vol. 234, p. 00099). EDP Sciences.
- Moghannem, S. A., Farag, M., Shehab, A. M. and Azab, M. S. (2018). Exopolysaccharide production from *Bacillus velezensis* KY471306 using statistical experimental design. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49, 452-462.
- Mohamed, S. S., Amer, S. K., Selim, M. S. and Rifaat, H. M. (2018). Characterization and applications of exopolysaccharide produced by marine *Bacillus altitudinis* MSH2014 from Ras Mohamed, Sinai, Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(3), 204-209.
- Moretto, C., Castellane, T. C. L., Lopes, E. M., Omori, W. P., Sacco, L. P. and de Macedo Lemos, E. G. (2015). Chemical and rheological properties of exopolysaccharides produced by four isolates of rhizobia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, 291-298.
- Paulo, E. M., Vasconcelos, M. P., Oliveira, I. S., Affe, H. M. D. J., Nascimento, R., Melo, I. S. D., ... & Assis, S. A. D. (2012). An alternative method for screening lactic acid bacteria for the production of exopolysaccharides with rapid confirmation. *Food Science and Technology*, 32, 710-714.
- Razack, S. A., Velayutham, V. and Thangavelu, V. (2013). Medium optimization for the production of exopolysaccharide by *Bacillus subtilis* using synthetic sources and agro wastes. *Turkish Journal of Biology*, 37(3), 280-288.
- Saadat, Y. R., Khosroushahi, A. Y. and Gargari, B. P. (2019). A comprehensive review of anticancer, immunomodulatory and health beneficial effects of the lactic acid bacteria exopolysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 217, 79-89.
- Sethi, D., Mohanty, S. and Pattanayak, S. K. (2019). Effect of different carbon, nitrogen and vitamine sources on exopolysaccharide production of *Rhizobium* species isolated from root nodule of redgram. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics (IJBB)*, 56(1), 86-93.
- Singh, R. P., Shukla, M. K., Mishra, A., Kumari, P., Reddy, C. R. K. and Jha, B. (2011). Isolation and characterization of exopolysaccharides from seaweed associated bacteria *Bacillus licheniformis*. *Carbohydrate Polymers*, 84(3), 1019-1026.

*Research article/Araştırma makalesi*  
DOI:10.29132/ijpas.1142315

- Wang, J., Goh, K. M., Salem, D. R. and Sani, R. K. (2019). Genome analysis of a thermophilic exopolysaccharide-producing bacterium-*Geobacillus* sp. WSUCF1. *Scientific Reports*, 9(1), 1-12.
- Zannini, E., Waters, D. M., Coffey, A. and Arendt, E. K. (2016). Production, properties, and industrial food application of lactic acid bacteria-derived exopolysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(3), 1121-1135.